E S C U E L A S U P E R I O R P O L I T E C N I C A

D E L L I T O R A L

Tesis No. POT-061-1

F A C U L T A D D E I N G E N I E R I A

E L E C T R I C A

" APLICACION DEL REACTIVO ESTATICO EN EL CONTROL Y REGULACION DEL VOLTAJE EN CIRCUITOS DE DISTRIBUCION "

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION POTENCIA

GUILLERMO FABARA TORRES

GUAYAQUIL 1 9 8 5

Agradezco muy especialmente a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL, a quien debo mi formación profesional.

Dedico la presente Tesis de Grado a

mis padres, mi esposa y mis hijos.

Ing. Gustavo Bermúdez F.

Ing. Alberto Hanze B.

Ing. Hernán Gutiérrez

Ing. Jorge Scharboga V.

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)

Guillermo E. Fabara Torres

R E S U M E N

Este estudio es para analizar la conveniencia de instalar reactivo estático, capacitores, en alimentadoras de distribución a 13800 voltios para controlar y regular su voltaje.

En primer lugar se estudia teóricamente el comportamiento de capacitores shunt en circuitos de distribución, analizando sus efectos fundamentales como reducción de corriente de línea, aumento de nivel del voltaje, reducción de pérdidas, mejora del factor de potencia, reducción de carga en generadores y circuitos fuente y reducción o postergación de inversiones. Luego se establecen métodos para calcular estos beneficios.

A continuación se analizan métodos para determinar los requerimientos en capacitores para circuitos de distribución.

En el capítulo 2 se analizan los posibles efectos secundarios que podrían aparecer instalando capacitores en un circuito de distribución, y su evaluación

para la alimentadora 25 de Julio está en el capítulo 4, sus resultados son totalmente favorables.

El capítulo 3 es el proceso para aplicar capacitores a alimentadoras de distribución, utilizando un programa de computación descrito en el capítulo 5, y sus resultados forman el anexo 2, empieza desde el levantamiento de las condiciones del circuito, continúan cálculos de los parámetros, valores límites para varias condiciones de carga y termina con la obtención de resultados tanto eléctricos como económicos. Y finalmente sus conclusiones y recomendaciones.

I N D I C E G E N E R A L

RESUMEN		VI
INDICE GENERAL		VIII
INDICE FIGURAS		XIII
INDICE TABLAS		XV
INTRODUCCION		16
CAPITULO 1		
GENERALIDADES		
1.1	FUNDAMENTOS	19
1.1.1	CAPACITORES SHUNT VS CONDENSADORES SINCRONICOS	21
1.1.2	UBICACION EN EL SISTEMA	24
1.2	EFECTOS FUNDAMENTALES DEL CAPACITOR SHUNT	26
1.2.1	REDUCCION DE CORRIENTE DE LINEA	27
1.2.2	AUMENTO DEL NIVEL DE VOLTAJE EN LA CARGA	30
1.2.3	REDUCCION DE PERDIDAS DEL SISTEMA	37
1.2.4	AUMENTO DEL FACTOR DE POTENCIA EN LOS CIRCUITOS FUENTE	39
1.2.5	REDUCCION DE CARGA EN LA FUENTE GENERADORA Y EN LOS CIRCUITOS	40
1.2.6	REDUCCION DE DEMANDA EN INTERCAMBIOS Y COMPRAS LOCALES DE ENERGIA	42

1.2.7	REDUCCION DE LA INVERSION POR KILOVATIO DEL SISTEMA	45
1.3	BENEFICIO DEL USO DE CAPACITORES SHUNT	46
1.3.1	CAPACIDAD RELEVADA DEL EQUIPO Y DEL SISTEMA	49
1.3.2	LIMITACION DE LA CAIDA DE VOLTAJE	49
1.3.3	AUMENTO DE CAPACIDAD DEL LIMITE TERMICO	53
1.3.4	REDUCCION DE PERDIDAS EN EL EQUIPO Y EN EL SISTEMA	57
1.3.5	AUMENTO DE RENTAS DEBIDO A UN MAYOR VOLTAJE DEL SISTEMA	61
1.3.6	SUMARIO DE EVALUACION DE BENEFICIOS DE LOS CAPACITORES	64
1.4	DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS EN CAPACITORES	65
1.4.1	ESTIMACION DE LA MAGNITUD DE LA NECESIDAD DE REACTIVO ESTATICO	65
1.4.2	LOCALIZACION DE CAPACITORES EN UN SISTEMA RADIAL	68
1.4.3	SATURACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION	68
1.4.4	COMPARACION ECONOMICA	69
1.4.5	INSTALACION EN EL PRIMARIO VS INSTALACION EN EL SECUNDARIO	78
1.4.6	PRIORIDAD EN EMERGENCIAS	84
1.4.7	UBICACION DE CAPACITORES DENTRO DE SECCIONES DEL SISTEMA	85

1.4.8	CONECCION ELECTRICA DE CAPACITORES SHUNT AL SISTEMA	89
1.4.9	BANCOS DE CAPACITORES FIJOS O DESCONECTABLES	90
1.4.10	CONMUTADORES	91
1.4.11	CONTROL DE CONMUTACION	91
1.4.12	CONECCION Y PUESTA A TIERRA DE BANCOS DE CAPACITORES	94
1.4.13	PROTECCION DE BANCOS DE CAPACITORES	99
1.4.14	PROTECCION DE BANCOS GRANDES	99
1.4.15	PROTECCION DE BANCOS EN ALIMENTADORAS DE DISTRIBUCION	101

CAPITULO 2

EFECTOS SECUNDARIOS DE LOS CAPACITORES

2.1	INTERFERENCIA TELEFONICA	105
2.2	EFECTOS DE CAPACITORES SHUNT SOBRE LA ESTABILIDAD DEL SISTEMA	107
2.3	RESONANCIA	108
2.3.1	RESONANCIA DE UN TRANSFORMADOR MONOFASICO DE DISTRIBUCION	110
2.3.2	RESONANCIA EN TRANSFORMADORES TRIFASICOS DE DISTRIBUCION	111
2.3.3	SOBREVOLTAJES RESONANTES DIRECTOS	113
2.4	OPERACION DE CAPACITORES BAJO CONDICIONES ANORMALES DEL SISTEMA	116

CAPITULO 3

CALCULO DE APLICACION DE CAPACITORES A UN CIRCUITO DE ALTA TENSION DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.1	LEVANTAMIENTO DE CONDICIONES DEL CIRCUITO	121
3.2	ESTUDIO DE LA VARIACION DEL VOLTAJE	123
3.3	CONDICIONES DE LA SUBESTACION	124
3.4	DETERMINACION DE CAPACIDADES LIMITES DE LA ALIMENTADORA	128
3.5	DETERMINACION DEL VOLTAJE MAXIMO Y MINIMO	129
3.6	ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO EN SITUACIONES DE EMERGENCIA	132
3.7	INVESTIGACION DE METODO ALTERNATIVO DE REGULACION	136
3.8	ASPECTO ECONOMICO	145
3.8.1	REDUCCION DE PERDIDAS DE ENERGIA	146
3.8.2	AUMENTO EN LA FACTURACION POR AUMENTO DEL VOLTAJE	147
3.8.3	CAPACIDAD LIBERADA EN LINEAS DE DISTRIBUCION, TRANSFORMADORES, SUBESTACION, TRANSMISION, ETC.	148
3.8.4	COSTO DE INSTALACION DE CAPACITORES	149
3.8.5	EVALUACION DE COSTOS Y BENEFICIOS	149

CAPITULO 4

ESTUDIO DE LOS EFECTOS SECUNDARIOS EN EL CIRCUITO ANTERIOR

4.1	INTERFERENCIA TELEFONICA	151
4.2	EFECTO SOBRE LA ESTABILIDAD DEL SISTEMA	152

4.3 PROBLEMAS DE RESONANCIA 153

4.4 SOBREVOLTAJES 154

CAPITULO 5

ELABORACION DE UN PROGRAMA DE COMPUTADORA PARA MECANIZAR LA APLICACION DE CAPACITORES A CIRCUITOS DE ALTA TENSION.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 162

1 CONCLUSIONES 162

1.1 ALIMENTADORA MUY LARGA 162

1.2 ALIMENTADORA CON MUCHOS RAMALES MONOFASICOS 163

1.3 RAMALES MONOFASICOS MUY LARGOS 163

2 RECOMENDACIONES 164

ANEXO 1 PLANO A 1 CONTRAPORTADA

ANEXO 2 PROGRAMA GENERAL PARA EL CALCULO DE PERFILES DE VOLTAJE 166

DATOS PARA CALCULAR LOS PERFILES DE VOLTAJE, TAMAÑO Y UBICACION DE CAPACITORES 190

CALCULO PARA LA ALIMENTADORA 25 DE JULIO 195

CALCULO CAPACIDAD MAXIMA DE ALIMENTADORA 221

CALCULO CAPACIDAD MAXIMA SIN LOS CAPACITORES 229

VOLTAJE + 5% DE LO NORMAL 237

BIBLIOGRAFIA 251

INTRODUCCION

Los circuitos de distribución de energía eléctrica que sirven a una zona de la ciudad tienen conectadas cargas de diferentes tipos y frecuencia de funcionamiento muy variable durante el día o un período determinado lo que altera sus características de funcionamiento como son el voltaje, la cantidad de corriente y la potencia. Esta alteración se realiza lenta y paulatinamente, unas veces y dúbitamente otras, esto hace que el control y regulación del voltaje y la corriente se vean afectadas por lo que es necesario recurrir a algún método para realizar este control adecuadamente.

El método que presento aquí se basa en la APLICACION DEL REACTIVO ESTATICO EN EL CONTROL Y REGULACION DEL VOLTAJE EN CIRCUITOS DE DISTRIBUCION por medio de capacitores de potencia instaladas en el circuito en cantidades y lugares convenientes.

Este método es adecuado porque el equipo que se re

quiere es relativamente pequeño y puede ser instalado practicamente en cualquier sitio, por su bajo costo, lo que permitirá adquirirlos poco a poco según las necesidades o disponibilidades económicas, pueden ser adaptados de cualquier forma, brindando una facilidad de maniobras de practicamente del 0 al 100% y de manera instantánea, no tienen partes móviles que se desgasten en el uso, no presentan un mal aspecto y además ofrecen otras ventajas como veremos más adelante.

Los usuarios de energía eléctrica, conectados a los circuitos de distribución normalmente no tienen instalaciones o equipos apropiados para realizar un control y regulación del voltaje y corriente que ellos requieren, por lo que la empresa eléctrica que la sirve sufre las consecuencias y se ve en el caso de solucionar ellas mismas este problema utilizando el método más conveniente.

Para este estudio en particular se ha escogido la alimentadora 25 de julio de la Empresa Eléctrica del Ecuador Inc. que partiendo de la Subestación El Guasmo, viene a una extensa zona en pleno desarrollo, tanto industrial como residencial que sirven al Puerto Marítimo e importantes industrias del sur de la ciudad, como a numerosas ciudadelas residenciales,

tanto del IESS como del BEV, presentando características de carga muy irregulares que necesitan ser corregidas y se prestan para realizar un análisis y hacer más explícito este estudio.

C A P I T U L O 1

GENERALIDADES

1.1.- FUNDAMENTOS

Un capacitor es un sistema de conductores y aislantes eléctricos colocados de manera que sirvan para almacenar una gran carga eléctrica, y luego liberarla, en un volumen relativamente pequeño.

Están formados simplemente de dos placas metálicas separadas por un dieléctrico.

Los conductores o placas metálicas son generalmente dos láminas muy delgadas de aluminio.

Los aislantes o dieléctricos usados han sido y son de una gran variedad y entre los principales tenemos: Aire, papel kraft, polietileno, teflón, mylar, celulosa, polipropileno, magvar, etc.

El mejoramiento en la construcción de capacitores de potencia con el descubrimiento de nuevos materiales

y procesos ha llevado a una enorme disminución de pérdidas de potencia desde 4 watts por KVAR iniciales a los actuales 0.6 watts por KVAR y también a una enorme disminución de su tamaño desde 20 pulg.^{3} por KVAR a 10 pulg.^{3} por KVAR.

Los capacitores utilizados en sistemas de distribución tienen una resistencia de descarga interna la cual le permite descargarse después de haber sido desconectado del circuito.

Este conjunto de láminas conductoras de aluminio y finísimas películas de polipropileno dieléctrico va sumergido en un líquido dieléctrico y capaz de transferir calor, tales como: Aceite, pyranol, aroclor, etc. contenido en una caja metálica de acero con sus bornes para conexión y bastidor para montaje.

El capacitor, cuando es conectado en derivación en un sistema eléctrico, es una fuente estática de corriente reactiva siendo usado para suplementar al sistema de generación, el cual práctica o económicamente no puede suplir toda la carga reactiva.

Teóricamente, toda la carga, real y reactiva podría ser llevada por el sistema de generación. Sin embargo, el alto voltaje requerido para mantener un flujo adecuado de VARS, aumenta las pérdidas e in-

crementa la capacidad requerida, creando una situación intolerable desde los puntos de vista tanto operacional como económico. Por consiguiente, los capacitores shunt han probado ellos mismos ser un equipo de invalorable utilidad eléctrica, proveyendo una fuente de corriente reactiva que puede ser instalada junto a la carga. Esto permite una completa apreciación de la reducción de corriente a continuación de su punto de aplicación, resultando en un incremento de voltaje en la carga y disminuyendo las pérdidas en la línea porque el transporte de un gran porcentaje de la carga reactiva del sistema es eliminado. Fig. # 1 .

1.1.1.- CAPACITORES SHUNT VS CONDENSADORES SINCRONICOS

El mismo efecto general puede ser obtenido de un condensador sincrónico conectado a la barra de la carga. Sin embargo, el tamaño económico de las máquinas sincrónicas prohibe el uso de ellas junto a las cargas reactivas a menos que sean muy grandes y altamente concentradas. Una comparación entre los capacitores shunt y los condensadores sincrónicos se muestra en la tabla # 1.

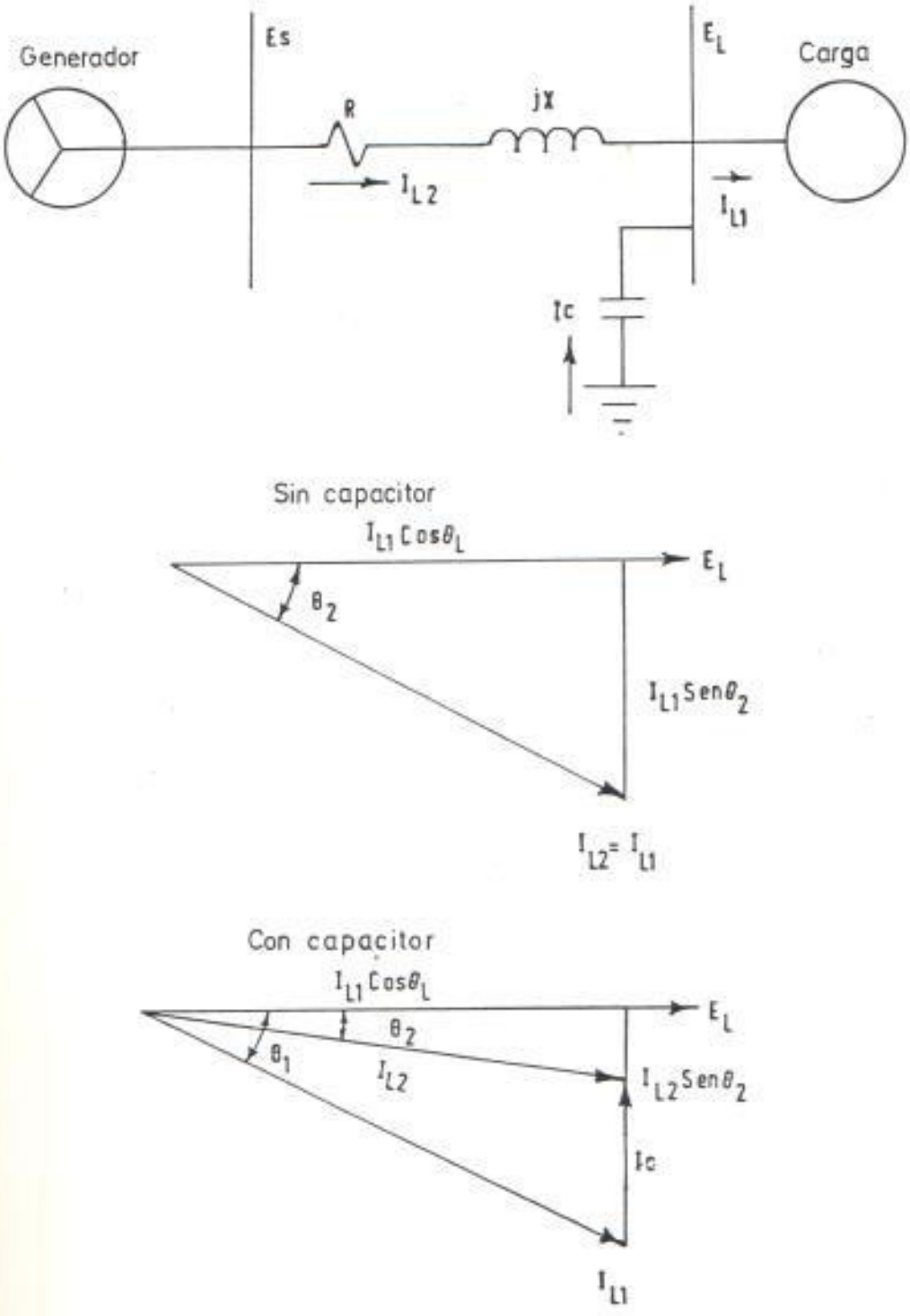


Fig. # 1 Diagrama fundamental del efecto del capacitor shunt.

TABLA # 1

COMPARACION DEL CAPACITOR SHUNT CON EL CONDENSADOR SINCRONICO

Factor de Aplicación	Capacitor sincrónico	Capacitor shunt
Rangos de voltaje	Requiere transf. arriba 18 KV	A cualquier voltaje
Rangos KVA	Min. tamaño econ. 15000 KVAR	Desde 50 KVAR para arriba
Control	Continuo, completamente ajust.	Desconec. por etapas
Salida de VARS	Varía invers. voltaje terminal	Varía direct. volt.^{2} term.
Efect. regul. volt.	Instantánea	Regulación por etapas
Entrega VARS atrazad.	Hasta el 50%	No
Instalación	Complicada y costosa	Muy simple y versátil
Mantenimiento	Costoso como toda máquina	Ninguno
Protec. fallas inter.	Disyuntores standard	Fusibles individuales
Protec. fallas exter.	Disyuntores y relays standard	Ninguna
Durante emergencias	Más KVAR por corto tiempo	Ninguna en emergencias
Luz oscilante	Muy costosos	No son efectivos
Corrección factor de potencia	Muy costosos sólo para ésto	Bajo costo, uso principal
Ayuda estabilidad	Automático entregando VARS	Salida varía con cuadrado de voltaje

1.1.2.- UBICACION EN EL SISTEMA

La localización óptima del banco de capacitores dentro del sistema de potencia puede ser determinado sólamente después de un análisis completo del sistema, desde los puntos de vista tanto operacional como económico. La mayoría de los planificadores de sistemas de potencia, sin embargo, no buscan lo óptimo en la aplicación de capacitores de potencia. Inicialmente, en necesidad de compensar el reactivo instalarán capacitores fijos o desconectable en las alimentadoras de distribución. Los bancos de capacitores desde 150 a 1800 KVAR son instalados en postes, aunque ésto no es muy conveniente y es preferible hacerlo en cuartos o bóvedas.

Cuando la carga de una subestación es lo suficientemente concentrada, como en áreas de negocios o cuando cargas industriales salen directamente desde la subestación, un banco desconectable puede ser instalado en la barra de la subestación, y puede ser del tipo abierto sobre bastidores, o encerrados en cabinas, siendo su rango usual desde 600 a 10800 KVAR.

Las tres cuartas partes de la carga reactiva en un sistema típico provienen de los requerimientos de magnetización de los usuarios. Un máximo beneficio

en la aplicación de capacitores será obtenido cuando la fuente de reactivo esté lo más cerca de la carga reactiva. Esto no significa categóricamente que todos los capacitores deben estar localizados en las alimentadoras de distribución. El sistema de potencia por sí mismo en sus equipos de generación, transformación, transmisión y distribución, crea una gran carga reactiva. En particular los sistemas de transmisión, trabajando a plena carga y a un factor de potencia muy bajo, puede en muchos casos usar compensación reactiva directamente sobre el voltaje de transmisión, para: 1) corregir su propia carga de VARS; y, 2) compensar los VARS de los circuitos de distribución.

La instalación de capacitores en los sistemas de distribución, de los dos tipos, en las alimentadoras y en las barras, es usualmente la primera etapa llegar al factor de potencia unitario en el sistema de potencia. Una vez alcanzada la saturación a este nivel, determinado por la condición de baja carga y economía, la instalación de capacitores es llevada entonces a entregar corriente reactiva a nivel de subtransmisión y transmisión. La instalación de grandes bancos de capacitores a alto voltaje se estan haciendo muy comunes, aunque la técnica y precauciones que acompañan a una aplicación de este tipo son más

complicadas que las requeridas para los bancos de baja voltaje.

Debido al alto costo por KVAR de los capacitores del tipo usado en voltajes secundarios, los usados por los usuarios en la corrección del factor de potencia junto a la carga son relativamente una pequeña parte del total instalado. Estudios económicos han indicado, sin embargo, que hay algunas localidades en donde las características de la carga y capacidad de - transformadores relevada que justifica el uso de unidades en el secundario. Estos, generalmente capacitores de una sola fase montados en el poste y en el arranque de la acometida.

Adicionalmente, la alta densidad de carga encontrada en redes secundarias usualmente dicta el uso de bancos directamente a la red del transformador para un máximo beneficio económico.

1.2.- EFECTOS FUNDAMENTALES DEL CAPACITOR SHUNT

Como se señaló en párrafos previos, el capacitor shunt es una fuente estática de corriente reactiva. La fig.1 muestra como se reduce la corriente reactiva requerida desde la fuente de generación, por la entrega de corriente reactiva proporcional al tamaño del capaci

tor a la carga del sistema de potencia. Todos los beneficios obtenidos por la instalación de los capacitores shunt se derivan de este hecho fundamental. Porque el planificador de sistemas de potencia debe evaluar todos los efectos del capacitor shunt a fin de determinar si son económicamente convenientes, y donde dentro de sus sistemas serían ellos colocados, un completo entendimiento de este principio básico es necesario.

1.2.1.- REDUCCION DE CORRIENTE DE LINEA

La corriente reactiva de los circuitos fuente es reducida en proporción directa a la corriente del capacitor, sin embargo, la corriente total de línea es reducida en una cantidad considerablemente más pequeña debido a sus dos componentes, una de las cuales permanece fija.

La expresión para la corriente es:

$$I_{L2} = I_{L1} \cos \theta_L - jI_{L1} \operatorname{sen} \theta_L + jI_c \qquad (1)$$

donde I_{L1} = corriente de línea sin capacitores

I_{L2} = corriente de línea con capacitores

$\cos \theta_L$ = factor de potencia inicial

I_c = componente cedida por el capacitor

EJEMPLO A

Cuál es la reducción en la corriente total y corriente reactiva respectivamente en un circuito a 13800 v con 1000 KVA de carga a 80% de factor de potencia - cuando 500 KVAR es añadido?

$$I_{L1} = \frac{1000}{\sqrt{3}\ 13.8} \angle 36.8^\circ = 41.84 \angle 36.8^\circ$$

$$I_{L1} = 33.47 - j25.10$$

$$I_c = \frac{500}{\sqrt{3}\ 13.8} \angle 90^\circ = j20.92$$

$$I_{L2} = 33.47 - j25.10 + j20.92 = 33.73 \text{ Amp.}$$

Así, la reducción de la corriente reactiva de la fuente es 21/25 x 100 o 84% mientras que la corriente total es reducida 811/41.84 x 100 o 19%

Mientras que la reducción de la corriente total es importante considerando la capacidad relevada, es también verdad que en muchos casos la mayor parte de la caída del voltaje en el sistema es causado por la corriente reactiva. Las componentes de la caída de voltaje en cualquier circuito pueden ser expresadas como sigue:

$$\% E_R = \frac{KVA \times R \cos \theta_L}{10 \times (KV)^2} \qquad (2)$$

$$\% E_x = \frac{KVA \times X \text{ sen } \theta_L}{10 \times (KV)^2} \qquad (3)$$

donde R = resistencia del circuito fuente

X = reactancia del circuito fuente

De la inspección de las ecuaciones 2 y 3, se puede ver que la porción de caída de voltaje reactiva es mayor que la resistiva siempre que X sen θ_L > R cos θ_L

Puesto que en los sistemas de potencia típicos, X varía de 2 a 15 veces R es evidente que en la mayoría de los sistemas operando a factores de potencia más bajos que 90% la caída reactiva será mayor que la resistiva.

Prácticamente, ésto significa que la reducción de la componente atrazada de la corriente, como el resultado de los capacitores shunt, compensará en un gran porcentaje de la caída de voltaje, de ese modo mejorando el nivel del voltaje del sistema y extendiendo el rango de los reguladores de voltaje.

Una expresión en per unit para la corriente de línea después de añadir los capacitores puede ser obtenida de la ecuación 1 al dividirla para I

$$\text{entonces } \frac{I_{L2}}{I_{L1}} = \cos \theta_L - j(\text{sen } \theta_L - \text{ckva}) \qquad (4)$$

$$\text{donde} \qquad \text{ckva} = \frac{I_c}{I_{L1}} = \frac{KVAR}{KVA}$$

Si no son añadidas cargas adicionales después de ser instalados los capacitores, la reducción de corriente de línea total en per unit puede ser obtenida por la substracción de la ecuación 4 de la unidad.

entonces

$$P.U. \left|I_L\right| = 1 - \sqrt{\cos \theta_L^2 + (\operatorname{sen} \theta_L - ckva)^2} \qquad (5)$$

Esta relación está graficada en la figura siguiente como una función del tamaño del banco de capacitores y el factor de potencia original.

Todos los beneficios de la instalación de capacitores shunt son función directa de la reducción de la corriente atrazada, sin embargo, los efectos en la operación de sistemas de potencia pueden variar, dependiendo como ellos son considerados. Los siguientes párrafos discuten brevemente este contingenete de beneficios y cómo ellos afectan en la operación y en lo económico.

1.2.2.- AUMENTO DEL NIVEL DE VOLTAJE EN LA CARGA

Para un simple sistema radial, la expresión completa para la caída de voltaje en la carga sería:

$$E_L = E_S - I_{LL} Z \qquad (6)$$

$$E_L = E_S - I_{LL} (R \cos \theta_L + X \operatorname{sen} \theta_L) - jI_{LL}(X \cos \theta_L - R \operatorname{sen} \theta_L)$$

donde

E_L = voltaje en la carga

E_S = voltaje en la fuente

R = resistencia de la línea y de la carga

X = reactancia de la línea y de la carga

Los otros símbolos como previamente definimos. En ecuación 6 hagamos

$$I_R = I_L \cos \theta_L$$

$$I_X = I_L \operatorname{sen} \theta_L$$

entonces

$$E_L = E_S - RI_R - XI_X - jXI_R + jRI_X \quad (7)$$

Esta relación está mostrada en el diagrama vectorial de la figura # 2 y E_L es el vector OB.

Si capacitores son añadidos al circuito, la ecuación para el voltaje en la carga viene a ser

$$E_L = E_S - RI_R - XI_X - jXI_R + jRI_X - jRI_C + XI_C \quad (8)$$

En la figura # 3 el voltaje en la barra de la carga con los capacitores conectados al circuito es el vector OC. El voltaje en la carga es aumentado porque la caída de voltaje a este punto del circuito es menor, debido a la disminución de la corriente de línea.

Una expresión simplificada para el voltaje en la carga en cualquier circuito es:

$$E_L = E_S - RI_R - XI_X + XI_C \quad (9)$$

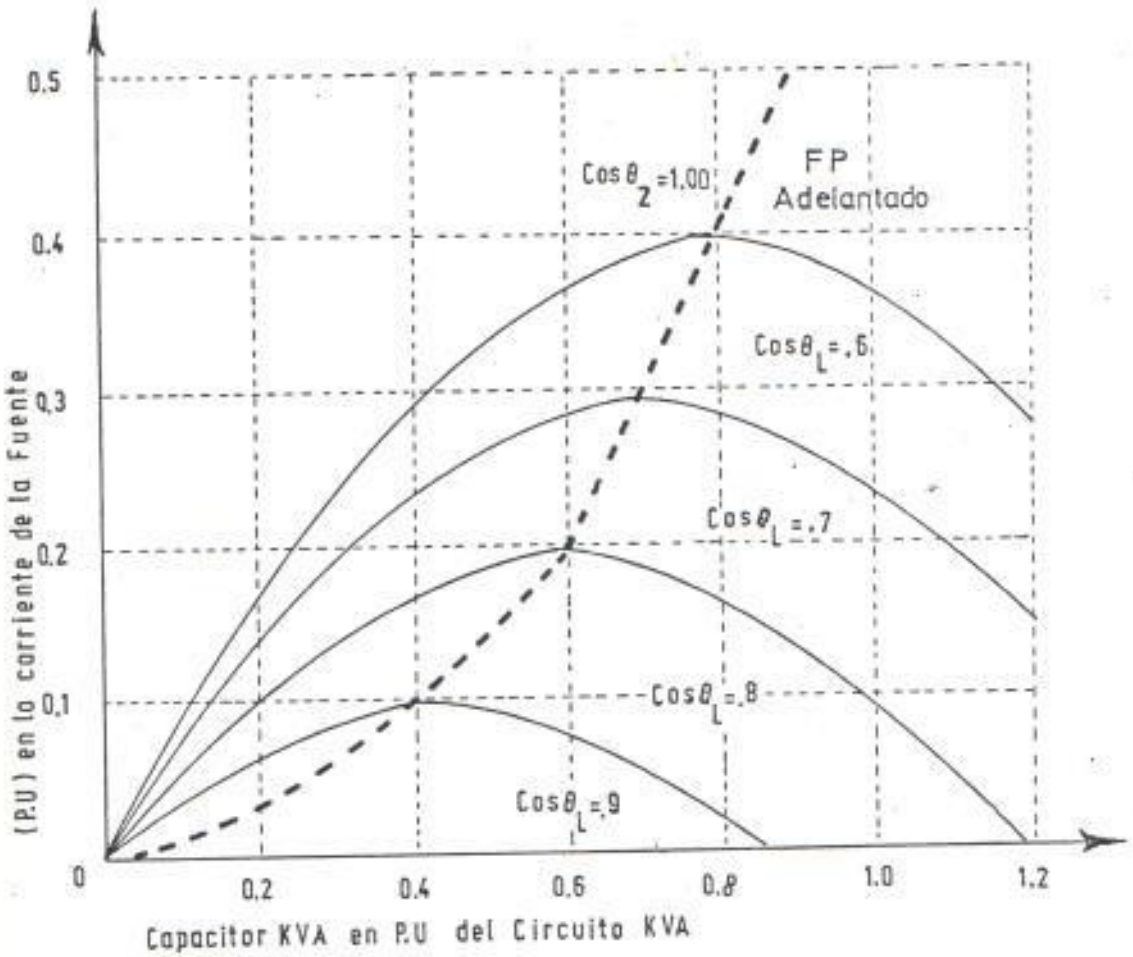
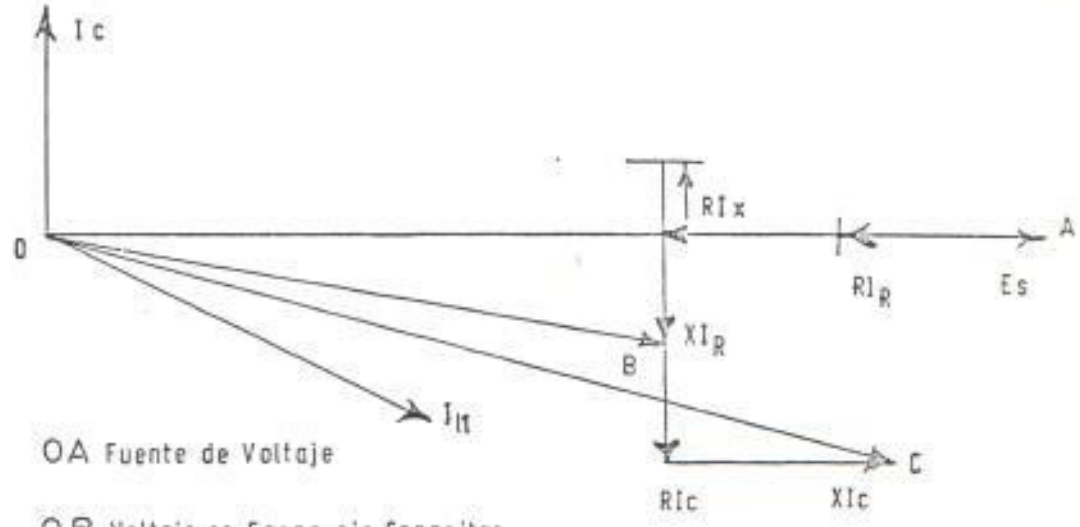


Fig. # 2 Reducción de corriente de línea por efecto del capacitor shunt.



OA Fuente de Voltaje

OB Voltaje en Carga sin Capacitor

OC Voltaje en Carga con Capacitor

Fig. # 3 Componentes de la caída de voltaje de un sistema.

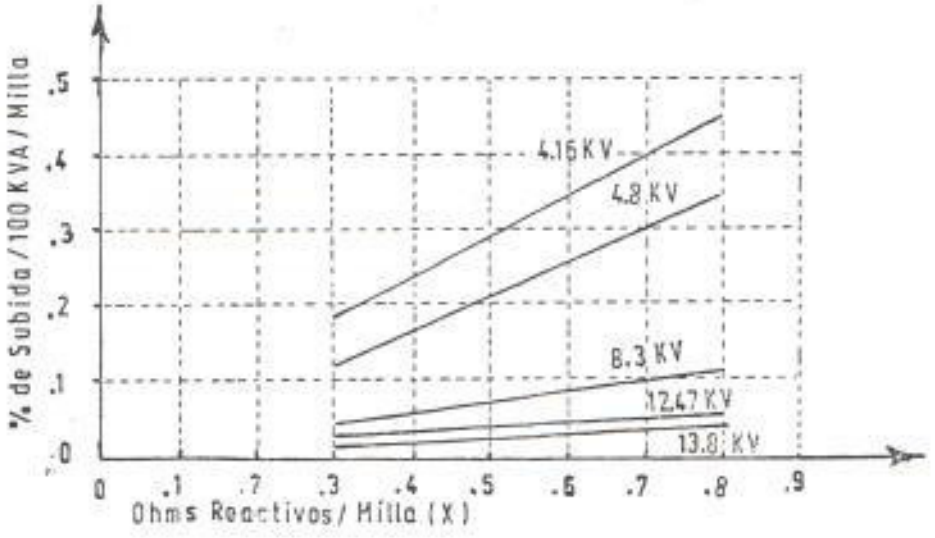


Fig. # 4 Curvas típicas de subida de voltaje para varios voltajes de distribución.

La ecuación 9 es obtenida de la 8 despreciando la caída de voltaje en cuadratura. Este resultado es mucho más simple y suficientemente aproximado para todos los casos prácticos.

De la ecuación 9 puede verse, que si I_c es suficientemente grande el efecto de caída debido a la corriente reactiva puede ser cancela do.

También, puesto que las componentes de la corriente de carga I_R e I_x son dependientes de la carga misma, durante períodos de carga ligera XI_c puede ser más grande que XI_x. La línea, entonces, estaría sobrecompensada y el factor de potencia sería adelantado. Un factor de potencia adelantado como una condición aislada de una alimentadora de distribución es sin importancia, sin embargo, como una condición general del sistema es indeseable. Operando a un factor de potencia adelantado disminuye el margen de estabilidad estática y aumentan las pérdidas arriba de las obtenidas a factor de potencia unitario. Las figs. # 2 y # 5 enseñan que la reducción de la corriente y de pérdidas es máxima a factor de potencia unitario.

Un capacitor fijo, por tanto, no cambia la regulación básica de una alimentadora radial puesto que el

capacitor causa un aumento de voltaje tanto con carga ligera como plena carga. Es necesario investigar las necesidades de aumento de voltaje y de VARS durante los períodos de carga ligera para determinar si la condición es tolerable para el equipo eléctrico asociado. Conmutación del banco de capacitores puede ser necesaria en algunas instalaciones para evitar condiciones indeseables.

Puesto que el aumento del voltaje en la carga es aproximadamente proporcional a XI_c , el aumento porcentual de voltaje para una instalación de capacitores dada es aproximadamente

$$\% \text{ aumento} = \frac{KVAR \times X \times d}{10 \times (KV_{l-l})^2} \qquad (10)$$

donde

X = reactancia de la fuente hasta la instalación de los capacitores en ohms/Km

KVAR = tamaño del banco de capacitores

d = kilómetros desde la barra regulada a la instalación

KV_{l-l} = voltaje línea a línea

Generalmente, esta fórmula es usada para encontrar el aumento del voltaje causado por un capacitor en una ubicación específica, el cual es superpuesto a la curva de voltaje de la alimentadora para obtener las características netas del voltaje.

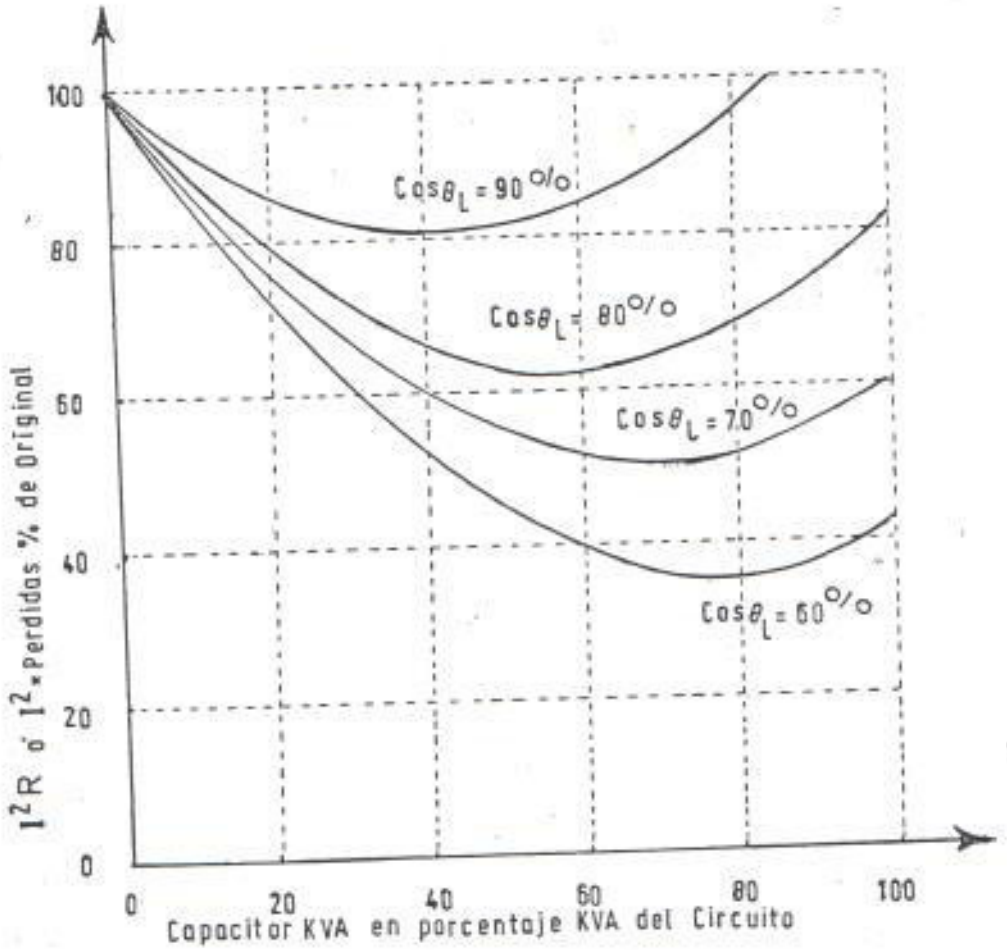


Fig. # 5 Reducción de pérdidas del circuito al añadir capacitores.

EJEMPLO B

Qué aumento de voltaje se espera si se instala un banco de 1800 KVAR a 3 Km de la subestación en un circuito a 13.8 KV, usando un conductor 336 MCM ACSR?

KVAR = 1800

X = 0.52 ohm/Km

d = 3 Km

KV = 13.8

$$\% \text{ aumento} = \frac{1800 \times 0.52 \times 3}{10 \times (13.8)^2} = 1.47$$

1.2.3.- REDUCCION DE PERDIDAS DEL SISTEMA

Las pérdidas en cualquier porción de un sistema de potencia es una función del cuadrado de la corriente y de la inductancia y resistencia del sistema. Las pérdidas son consideradas usualmente como dos componentes, los I^2R pérdidas de potencia y los I^2X pérdidas reactivas. Puesto que la instalación de capacitores shunt reduce la componente reactiva de la corriente de línea, la reducción de pérdidas debida a los capacitores es una función de la corriente reactiva sólamente. La componente real de la corriente no necesita ser usada en los cálculos.

La reducción de pérdidas I^2R debida a la adición de capacitores es:

$$LR_R = (I_x)^2R - (I_x - I_c)^2R = 2I_cI_xR - (I_c)^2R \quad (11)$$

Así mismo, la reducción de pérdidas reactivas es:

$$LR_x = 2I_cI_xX - (I_c)^2X \quad (12)$$

En las ecuaciones 11 y 12, I_c es la corriente del capacitor, I_x es la corriente reactiva en el circuito antes de añadir los capacitores, R es la resistencia del circuito y X su reactancia.

El efecto de los capacitores sobre las pérdidas del sistema están graficadas en las fig. # 5 como un porcentaje de las pérdidas del circuito original y como una función del porcentaje de capacitores instalados. Nótese que las pérdidas son mínimas cuando ckva = senθ .

EJEMPLO C

Cuál es la reducción de pérdidas en un circuito a 13.8 KV con una carga de 5000 KVA cuando son añadidos 1800 KVAR. Los parámetros del circuito son los siguientes:

Impedancia de la fuente Z = 0.6 + j0.8 ohms

Factor de Potencia = 80%

$$I_L = \frac{5000}{\sqrt{3}\,(13.8)} = 209.18 \text{ Amp.}$$

$$I_x = 209.18 \times \text{sen } \theta_L = 209.18 \times 0.6 = 125.51 \text{ Amp.}$$

$$I_c = \frac{1800}{\sqrt{3}\,(13.8)} = 75.30 \text{ Amp.}$$

De la ecuación 11

$LR_R = 2 \times 75.30 \times 125.51 \times 0.6 - (75.31) \times 0.6$

$LR_R = 7940$ watts.

De la ecuación 12

$LX_x = 2 \times 75.30 \times 125.51 \times 0.8 - (75.30) \times 0.8$

$LX_x = 10585$ vars.

Las pérdidas originales del sistema calculadas son 26253 watts y 35005 vars. Si la reducción de pérdidas arriba calculadas son restadas de las pérdidas originales del sistema, las pérdidas finales son cerca del 65% de las originales.

1.2.4.- AUMENTO DEL FACTOR DE POTENCIA EN LOS CIRCUITOS FUENTE

Puesto que los capacitores pueden ser considerados como generadores de vars, cualquier instalación de capacitores shunt reduce la carga de vars del sistema de generación. Esta reducción de demanda de vars de la fuente generadora permite ser cambiado el ni-

vel de excitación tanto que la máquina puede ser operada a un factor de potencia cercano a la unidad.

Para una indicación de cómo aumenta el factor de potencia en la fuente, referirse a la fig. # 6 . El factor de potencia de la fuente resultante está dibujado como una función del factor de potencia inicial e instalación de capacitores en porcentaje de la carga del circuito. Estas curvas son derivadas en base de que la carga en la fuente es mantenida constante después de que son añadidos los capacitores. El factor de potencia resultante sería mayor si la carga del circuito fuera reducida en la cantidad de KVAR añadidos. Por ejemplo, si 500 KVAR son añadidos a 1000 KVAR en un circuito operando a un factor de potencia del 60%, el factor de potencia resultante, si no es añadida más carga, sería del 89%. Si la carga en la fuente es mantenida constante por la añadidura de más carga al factor de potencia original, el factor de potencia resultante, sería de acuerdo con la fig. # 6, del 81%.

1.2.5.- REDUCCION DE CARGA EN LA FUENTE GENERADORA Y EN LOS CIRCUITOS

El aumento del factor de potencia en la fuente, debido a la reducción de la componente atrazada de la corriente, disminuye la carga en kva en cada generador

y en el circuito. También puede relevarlos de una sobrecarga existente, dejando en libertad capacidad para un aumento de carga en el circuito.

Si el beneficio de los capacitores es considerado por la capacidad recuperada para el aumento de carga, la cantidad de capacitores necesarios para un aumento requerido de carga es una regla valiosa. El aumento de carga permitido es calculado en base del aumento de carga al factor de potencia original hasta que los circuitos fuentes estén cargados de la misma manera que antes de añadir los capacitores. Los capacitor KVAR por KVA de carga aumentada está graficado en la fig. # 7 como una función del porciento del capacitor KVAR y factor de potencia original. Si esta cantidad multiplicada por el costo del KVAR de capacitores instalados, el producto es el costo promedio de la provisión de cada KVA adicional de carga. Este costo, relegando otras ventajas del capacitor, puede ser comparado con el de otros métodos para aumentar la capacidad de los circuitos, tales, como cambiando conductores, aumentando transformadores o aumentando generación.

EJEMPLO D

Si el factor de potencia de la carga es originalmente del 80%, y si el 50% de KVAR en capacitores se añaden,

el KVAR en capacitores por aumento de KVA en la carga es 2.2 de la fig. # 7. Si el costo de los capacitores instalados es de S/. 400 por KVAR, el aumento de capacidad para entregar carga es de S/. 880 por KVA.

El costo por KVA al añadir transformadores para un posible aumento de carga puede ser mucho más alto que añadiendo capacitores. Se nota en la figura # 7 que la cantidad de KVAR requerida de capacitores por KVA de aumento de carga crece más rápidamente con un mayor factor de potencia original.

1.2.6.- REDUCCION DE DEMANDA EN INTERCAMBIOS Y COMPRAS LOCALES DE ENERGIA

Los beneficios derivados de la instalación de capacitores en líneas interconectadas y en compras locales de energía es esencialmente como se ha descrito en los párrafos anteriores, excepto que es económico por naturaleza. El costo de la energía comprada se basa generalmente en la demanda en KVA más un adicional por la potencia real. Puesto que la instalación de capacitores disminuirá la demanda en KVA a través de la línea interconectada, una correspondiente reducción ocurrirá en la energía comprada. En algunos casos se ha probado que la corrección al ciento por ciento del factor de potencia es económico.

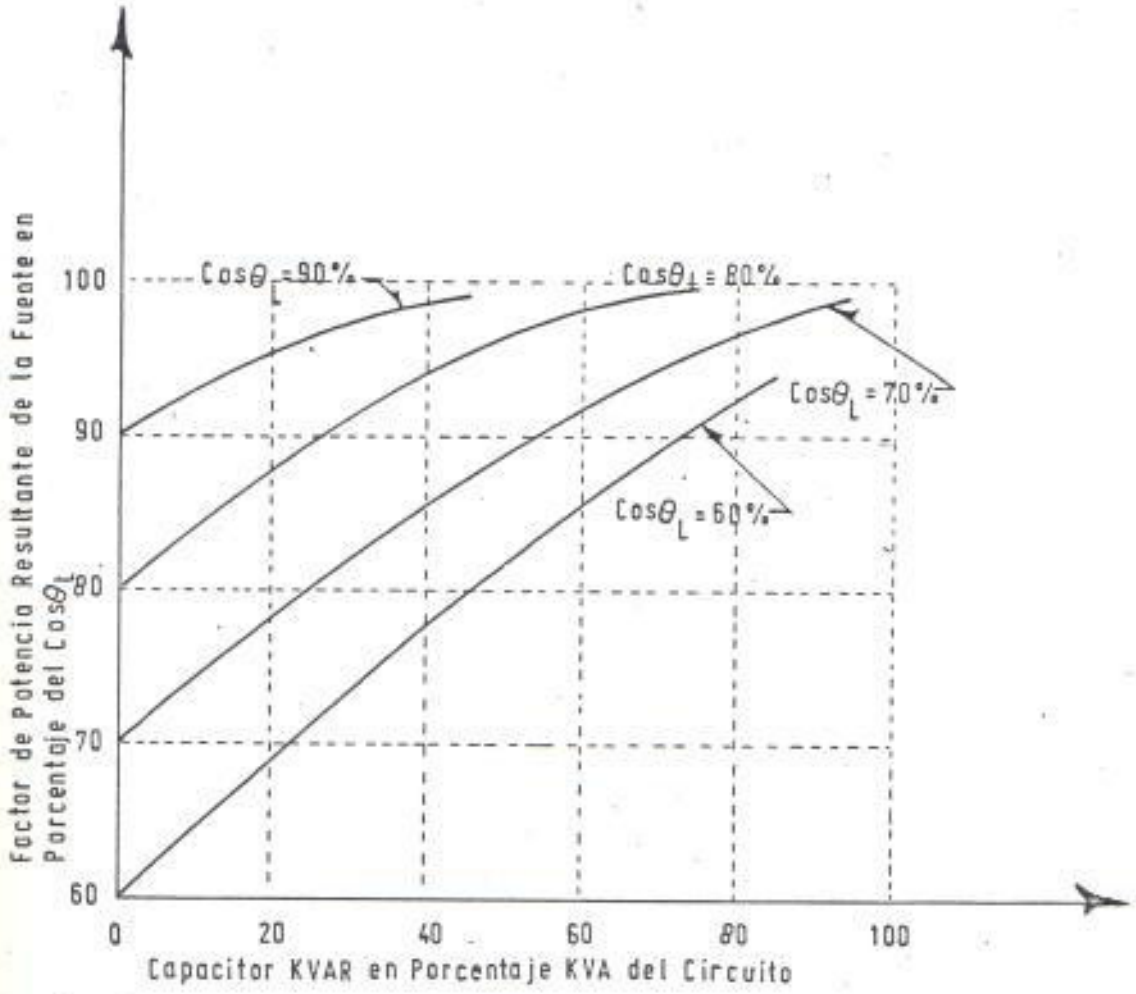


Fig. # 6 Incremento en el factor de potencia de la fuente por efecto de los capacitores.

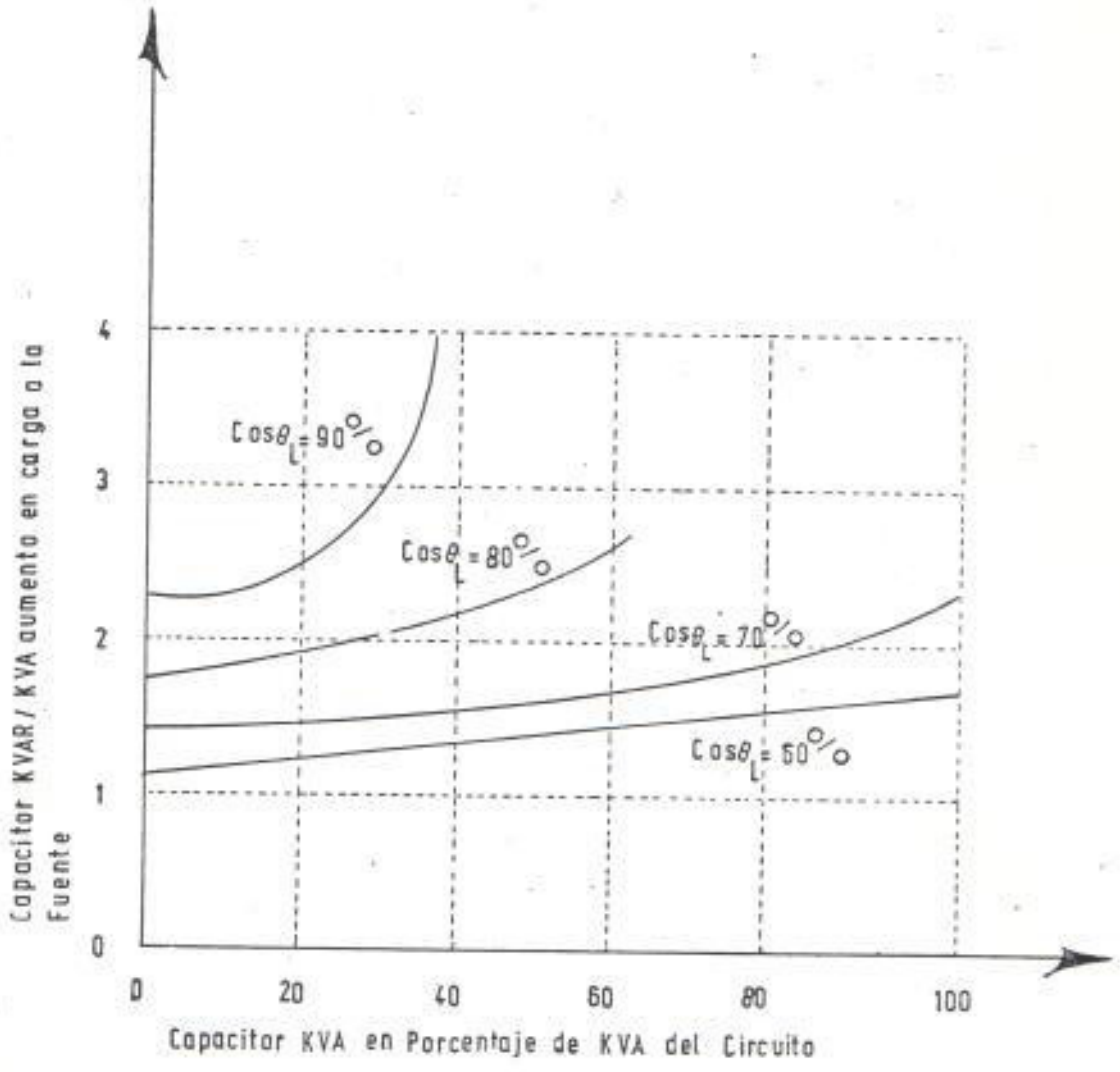


Fig. # 7 Aumento de carga permisible debido a la instalación de capacitores.

1.2.7.- REDUCCION DE LA INVERSION POR KILOVATIO DEL SISTEMA

Una empresa eléctrica obtiene un costo por kilovatio de carga entregada considerando la inversión total de sus propiedades y facilidades del sistema más el costo de producción. Si habría un método aceptado para obtener el costo de KVAR entregado, la reducida inversión en capacitores sería rápidamente igualada. Desafortunadamente, muchas empresas no prorratean el costo de la entrega de KVAR, otras derivan un costo relacionado con las pérdidas del sistema y aún otros usan un costo obtenido de las pérdidas por excitación.

Si se instalan capacitores para relevar capacidad del sistema o para mejorar las condiciones del voltaje, es generalmente aceptado que la reducción de la inversión entodo el sistema es una función directa del promedio de costo por KVA para diferentes métodos de obtener el mismo resultado.

Como se dicutió previamente, el aumento del factor de potencia en la fuente puede permitir cargar más los generadores. Un método práctico para determinar el efecto sobre la inversión en el sistema es considerar este beneficio como una inversión diferida para las facilidades del sistema.

EJEMPLO E

Si una instalación de capacitores del 50% KVAR nominales permite un 15% de aumento de capacidad de transporte de carga, los KVAR requeridos por KW de carga aumentada es 3.32 . Por consiguiente, a S/. 400 el costo de instalación por KVAR, el costo por KW de carga aumentada es S/. 1320 . Si un costo promedio de --- S/. 20.000 por KW de potencia entregada es asumido, y la carga anual es del 15%, la inversión diferida ahorrada sería de:

(0.15 x 20.000) - 1.320 = S/. 1.680 por KW/año

1.3.- BENEFICIO DEL USO DE LOS CAPACITORES SHUNT

En la instalación de capacitores shunt en el sistema de una Empresa Eléctrica el ingeniero planificador debe, como en el caso de aumentar cualquier otra clase de equipo, justificar su compra. Inicialmente, la justificación para los capacitores fue considerada primeramente en base de la capacidad recuperada del equipo de las alimentadoras más alguna compensación por la reducción de pérdidas en la alimentadora. Es generalmente comprobada que una corrección arriba del 90% es prácticamente inconveniente.

Recientes estudios de sistemas indican que además de

considerar estos factores, la capacidad relevada y reducción de las pérdidas en el cobre, el ingeniero de la empresa debe considerar la reducción de las pérdidas I^2X kilovar, reducción de pérdidas en el equipo de generación y transmisión, y la reducción del pago de sobreprecios en la entrega de energía.

Estos estudios hacen énfasis en otro factor que se hace importante en la comparación económica, que es, la ubicación del banco de capacitores con respecto a todo el sistema en lugar de su posición dentro de una alimentadora individual. Resultados con diferencias substanciales pueden obtenerse dependiendo de que si el capacitor está instalado sobre el secundario del transformador de distribución, o en la barra de la subestación de distribución. Este es el factor el cual será considerado en adición a los otros al hacer la comparación económica.

Debido al bajo costo del KVA de capacitores comparado con el alto costo del KVA de generación, transmisión y distribución, la teoría generalmente reconocida de que corrección arriba del 90% al factor de potencia es antieconómica, ha sido desaprobada. Corrección del factor de potencia a cerca de la unidad es práctica común, y se puede demostrar que es económica.

El estudio de cualquier empresa eléctrica debe basarse en su totalidad y no solamente una sección en particular. La eficiencia completa de las operaciones depende de cada una de las partes del sistema operando a un factor de potencia lo más cercano al unitario como sea posible. La determinación de la ubicación de las unidades es una derivación económica, y uno debe considerar que la eficiencia del sistema debe sopesarse con la eficacia del capacitor en una localización relativa a lo largo del sistema.

Hay cuatro criterios en los cuales la comparación económica concerniente a capacitores shunt es basada. Estos son los siguientes:

1.- Capacidad relevada al sistema y equipo
2.- Reducción de pérdidas en el sistema y equipo
3.- Aumento de rentas debido a un mayor voltaje
4.- Capital ganado por disminución de inversiones en el sistema.

Cada uno de estos criterios puede ser aplicado varias veces en un estudio económico. La fórmula exacta y la extensión a la cual es llevada el estudio es dictado por la ubicación propuesta de los capacitores - dentro del sistema.

1.3.1.- CAPACIDAD RELEVADA DEL EQUIPO Y DEL SISTEMA

La capacidad de llevar carga de los equipos de transmisión y distribución es limitada en muchos casos por la caída de voltaje, y en otros por su capacidad térmica. Generalmente hablando, la caída de voltaje es el factor limitante de las alimentadoras, y ocasionalmente la capacidad de las líneas de transmisión es limitada por una caída de voltaje máxima. Equipos como generadores y transformadores están limitados por capacidad térmica, y cualquier beneficio ganado en ello por la instalación de capacitores debe ser considerado en esta base.

1.3.2.- LIMITACION DE LA CAIDA DE VOLTAJE

Cuando la corriente de carga reactiva es suplida por capacitores en lugar de una fuente que tenga inductancias reactivas, hemos demostrado, como un efecto fundamental, que el voltaje al lado de la carga es más alto que sin capacitores. Es más alto en una cantidad que es igual a la inductancia reactiva de la fuente multiplicada por la corriente entragada por el capacitor. Es obvio entonces, que si la carga conectada está limitada por la caída de voltaje, una carga mayor puede tolerarse si son aplicados capacitores shunt los cuales reducen la caída de voltaje.

para determinar la capacidad liberada obtenida por la adición de capacitores shunt, considere el aumento permitido en KW como la capacidad liberada. Los cálculos se basan en que la caída de voltaje después de la instalación de capacitores debe ser la misma que antes de añadirlos.

El diagrama vectorial para esta condición se muestra en la fig. # 8 . Si el voltaje es constante, los KW y KVA son directamente proporcional a la corriente, y por consiguiente, en notación por unidad, ellas son consideradas igual a la corriente.

De la fig. ,

$$I_c = \text{capacitor KVAR}$$
$$= KW_2 (\tan \theta_L - \tan \theta_2) \qquad (13)$$

donde

I_c = corriente del capacitor shunt

I_{L1} = corriente de carga inicial

I_{L2} = corriente de carga final

I_2 = corriente final de la fuente

El aumento en capacidad es:

$$\frac{KW_2 - KW_1}{KW_2} = \frac{I_2 \cos \theta_2 - I_{L1} \cos \theta_L}{I_2 \cos \theta_2}$$

$$= 1 - \frac{I_{L1} \cos \theta_L}{I_2 \cos \theta_2} \qquad (14)$$

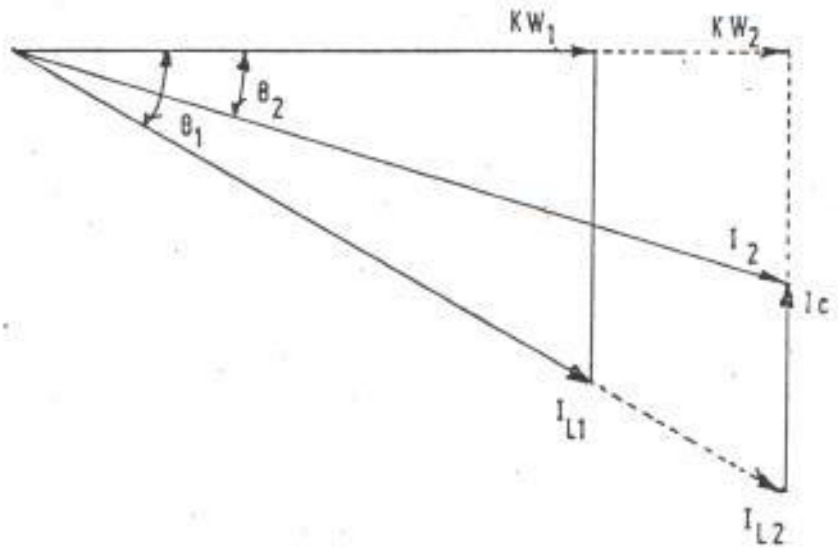


Fig. # 8 Diagrama vectorial para circuitos limitados por caída de voltaje.

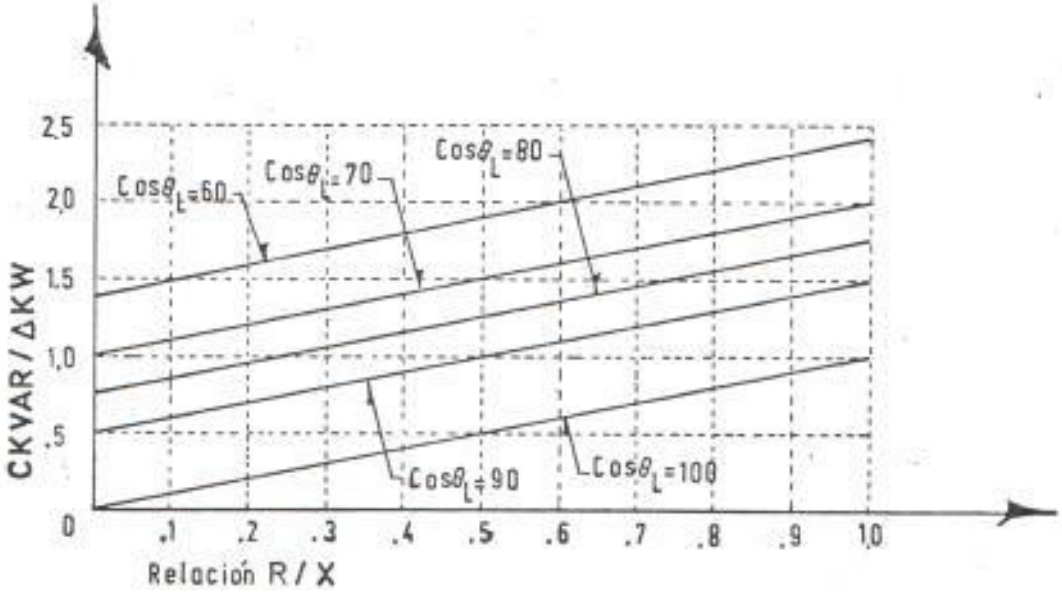


Fig. # 9 Capacidad liberada en circuitos limitados por caída de voltaje, en base a la relación R/X.

Puesto que la caída de voltaje después de añadir los capacitores debe ser igual a la caída original, las respectivas caídas de voltaje pueden ser igualadas como en la ecuación 15, omitiendo la caída reactiva.

$$I_{L1}(R \cos \theta_L + X \operatorname{sen} \theta_L) = I_2(R \cos \theta_2 + X \operatorname{sen} \theta_2) \quad (15)$$

por consiguiente,

$$\frac{I_2}{I_{L1}} = \frac{R \cos \theta_L + X \operatorname{sen} \theta_L}{R \cos \theta_2 + X \operatorname{sen} \theta_2} \quad (16)$$

sustituyendo en la ecuación 14

$$\frac{KW_2 - KW_1}{KW_2} = \frac{\tan \theta_L - \tan \theta_2}{R/X + \tan \theta_L} \quad (17)$$

si la ecuación 13 es dividida para KW - KW

$$\frac{\text{capacitor KVAR}}{KW_2 - KW_1} = \frac{KW_2}{KW_2 - KW_1}(\tan \theta_L - \tan \theta_2) \quad (18)$$

Por sustitución de la ecuación 17 en la 18, una expresión para KVAR en capacitores por aumento en KW es obtenida.

$$\frac{\text{capacitor KVAR}}{\Delta KW} = R/X + \tan \theta_L \quad (19)$$

Este análisis indica que los kilovatios ganados, donde los circuitos están limitados por el voltaje, depende sólamente del factor de potencia de la carga y de la razón de la resistencia del sistema a la reactancia.

Esta relación se dibuja mejor en términos de KVAR por KW ganados versus la razón R/X para valores típicos

de factor de potencia. Esta familia de curvas se muestra en la fig. # 9.

EJEMPLO F

Si 500 KVAR en capacitores shunt son añadidos a un circuito con una carga de 1000 KVA a un factor de potencia inicial del 60%, cuál es la capacidad liberada? La razón X/R del sistema en el punto de instalación es 1.0 .

de la ecuación 19

$$\frac{KVAR}{\Delta KW} = 1.0 + \tan \theta_L = 1.0 + 1.32$$

$$= 2.32$$

$$\Delta KW = \frac{500}{2.32} = 215 \text{ KW}$$

1.3.3.- AUMENTO DE CAPACIDAD DEL LIMITE TERMICO

Para determinar la capacidad liberada donde la disipasión térmica es el factor limitante, una diferente aproximación debe hacerse. En este caso, la corriente de línea o los KVA son aumentados, después de añadir los capacitores, al valor asumido antes de instalarlos.

Los KVA adicionales necesitados para cargar al circuito fuente con la carga igual a la original, es la cantidad de la capacidad ganada debido a la instalación

de los capacitores shunt.

Derivando una expresión para el aumento de KVA o capacidad liberada, la carga adicional se asume ser al mismo factor de potencia original θ_1 . Esto para ser pesimista, pero es más aproximado añadir la carga al factor de potencia resultante θ_2 .

El diagrama vectorial para esta consición está ilustrado en la fig. # 10. Donde

ΔKVA = carga al factor de potencia original añadida después de instalar los capacitores.

KVAR = tamaño del banco de capacitores

KVA_1 = carga original

KVA_2 = carga final

Si KVA_1 es designado como el radio de un círculo con centro en O, y X e Y son coordenadas de un punto del círculo, la ecuación para este círculo es:

$$X^2 + Y^2 = KVA_1^2 \qquad (20)$$

de la figura # 10

$$X = KVAR \operatorname{sen}\alpha$$

$$= KVAR \cos \theta_1 \qquad (21)$$

sustituyendo ecuación 21 en la ecuación 20

$$(KVAR \cos \theta_1)^2 + Y^2 = KVA_1^2$$

$$Y = \sqrt{(KVA_1)^2 - (KVAR \cos \theta_1)^2} \qquad (22)$$

de fig. # 10

$$\Delta KVA = KVAR \text{ sen } \theta_L - (KVA_1 - Y) \qquad (23)$$

sustituyendo ecuación 22 en ecuación 23

$$\Delta KVA = KVAR \text{ sen } \theta_L - KVA_1 + \sqrt{(KVA_1)^2 - (KVAR \cos \theta_L)^2} \qquad (24)$$

En lugar de la complicada expresión de la ecuación 24 se puede simplificar convirtiéndola a cantidades por unidad para ambos tanto los KVA ganados como el tamaño del banco de capacitores. Esto se realiza dividiendo la ecuación 24 para los KVA. Entonces KVA_6 y ckva son valores por unidad para la capacidad liberada y capacitores instalados respectivamente.

$$KVA_6 = ckva \text{ sen } \theta_L - 1 + \sqrt{1 - (ckva \cos \theta_L)^2} \qquad (25)$$

Esta relación está dibujada en la figura,# 11, solo requiere el valor por unidad de los capacitores añadidos y el factor de potencia original de la fuente para obtener directamente la capacidad liberada.
El factor de potencia de los circuitos fuente resultante es:

$$\cos \theta_2 = \frac{KW_1 + \Delta KW}{KVA_1} \qquad (26)$$

$$\cos \theta_2 = \cos \theta_L \ (1 + KVA_6) \qquad (27)$$

EJEMPLO G

Cuánta carga puede ser aumentada a un circuito que

ya está en su límite térmico con una carga de 4000 KVA al 60% del factor de potencia al añadir 2000 KVAR en capacitores shunt?

De la ecuación 25

$$KVA_6 = 0.5 \times 0.8 - 1 + \sqrt{1 - (0.5 \times 0.6)^2}$$

$$KVA_6 = 0.4 - 1 + 0.95 = 0.35$$

$$\Delta KVA = 0.35 \times 4000 = 1400 \text{ KVA}$$

El factor de potencia de la fuente resultante es, de la ecuación 27

$$\cos \theta_z = 0.6 \ (1 + 0.35) = 0.81$$

Las ecuaciones 19 y 25 son útiles para determinar la capacidad del circuito liberada para evaluaciones económicas. La inspección de estas dos ecuaciones revela lo siguiente:

En circuitos limitados por el voltaje la capacidad liberada es:

1.- Dependiente del factor de potencia original de la fuente
2.- Dependiente de la razón X/R de la fuente
3.- Independiente de la carga del circuito

En circuitos limitados por la corriente la capacidad liberada es:

1.- Dependiente del factor de potencia original de la fuente
2.- Independiente de la razón X/R de la fuente
3.- Dependiente de la carga del circuito

1.3.4.- REDUCCION DE PERDIDAS EN EL EQUIPO Y EN EL SISTEMA

Cálculos de la reducción de pérdidas en el sistema debido a la instalación de capacitores shunt pueden ser hechos directamente de las ecuaciones 11 y 12, donde los resultados están expresados en vatios y vars monofásicos.

Una expresión en por unidad para la reducción de pérdidas es obtenida de estas mismas ecuaciones por la sustitución de los sigtes. equivalentes:

I_c = KVAR = tamaño del banco de capacitores

I = KVA_1 = carga inicial

ckva = carga inicial del banco de capacitores en por unidad

θ_1 = ángulo del factor de potencia de la carga inicial

De las ecuaciones 11 y 12,

ΔPL = p.u. reducción de pérdidas pico =

$$= 2 \text{ ckva sen } \theta_1 - (\text{ckva})^2 \qquad (28)$$

Esta expresión es válida tanto para reducción de pérdidas I^2R real como para I^2X reactiva. Si se desea la reducción de pérdidas en pico, el por unidad del banco de capacitores debe estar en la carga pico base. Si la evaluación va a ser determinada usando kilovatio-horas, la corriente de carga o KVA debe incluir el factor de carga reactiva. Esto redundará en

la siguiente modificación de la ecuación 28

ΔEL = p.u. reducción de pérdidas de energía

$$= (2 \text{ ckva sen } \theta_L) LF - (\text{ckva})^2 \qquad (29)$$

El uso de esta ecuación es válido sólamente si no hay cargas que varíen la componente reactiva de la corriente en la sección que está siendo considerada. Por consiguiente, el cálculo de reducción de pérdidas es sólamente tan aproximado como en la extensión en la cual el sistema es seccionalizado para propósitos de cálculo.

EJEMPLO H

Usando los mismos parámetros del circuito que en el ejemplo C, la reducción de pérdidas pico es:

$$\Delta PL = 2 \times 0.5 \times 0.6 - 0.5^2$$

ΔPL = p.u. reducción de pérdidas pico = 0.35

Por consiguiente, las pérdidas finales serán el 65% de las originales como se puede encontrar en las curvas de la fig. # 5.

si el factor de carga es del 70%:

$$\Delta EL = 2 \times 0.5 \times 0.6 \times 0.7 - 0.5^2$$

ΔEL = p.u. reducción de pérdidas de energía = 0.17

Después del cálculo de la reducción de pérdidas, hay tres beneficios económicos que evaluar. Estos son:

1.- Reducción de la carga pico en KW

2.- Reducción de la carga pico en KVAR

3.- Ahorro de energía debido a la reducción de pérdidas en KW-horas.

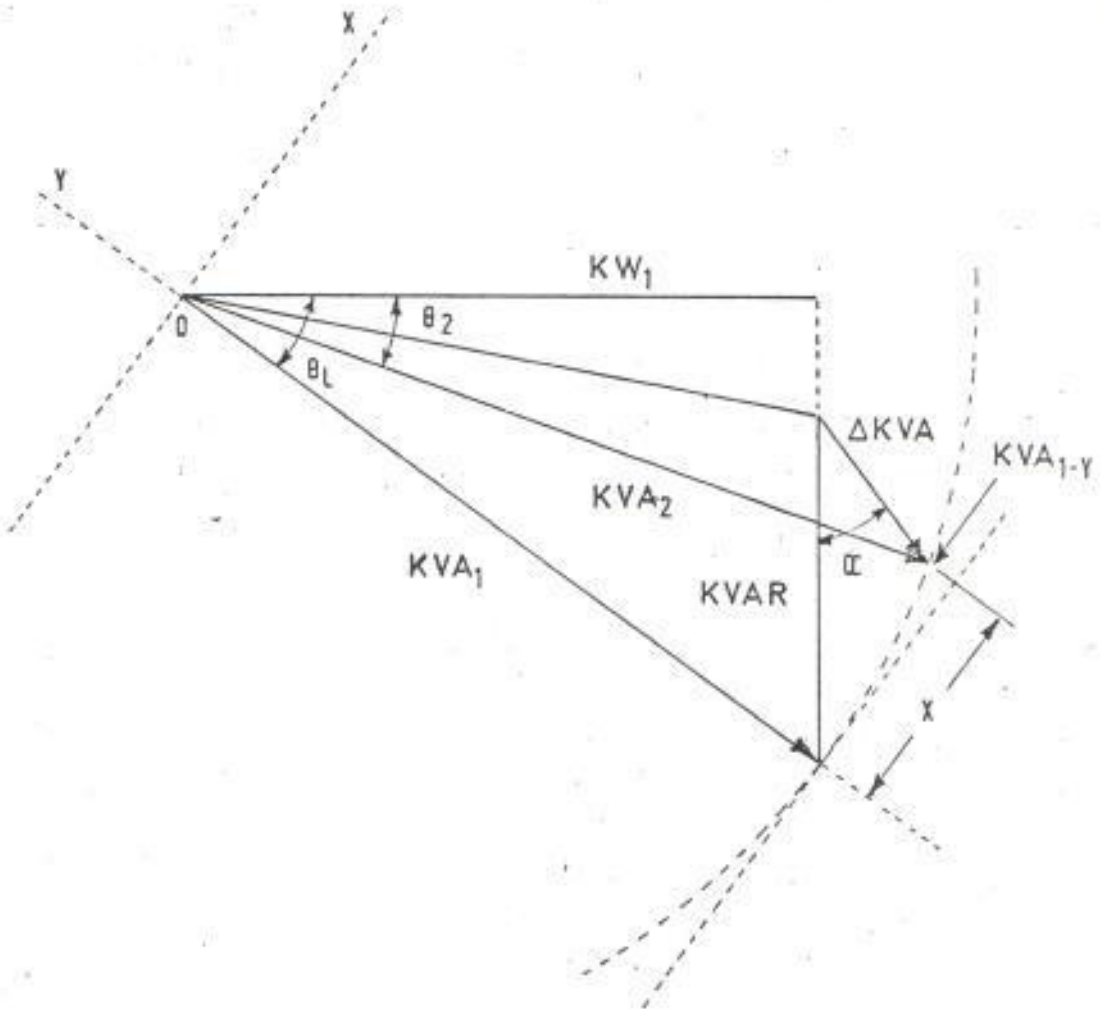


Fig. # 10 Diagrama vectorial para circuitos limitados por corriente.

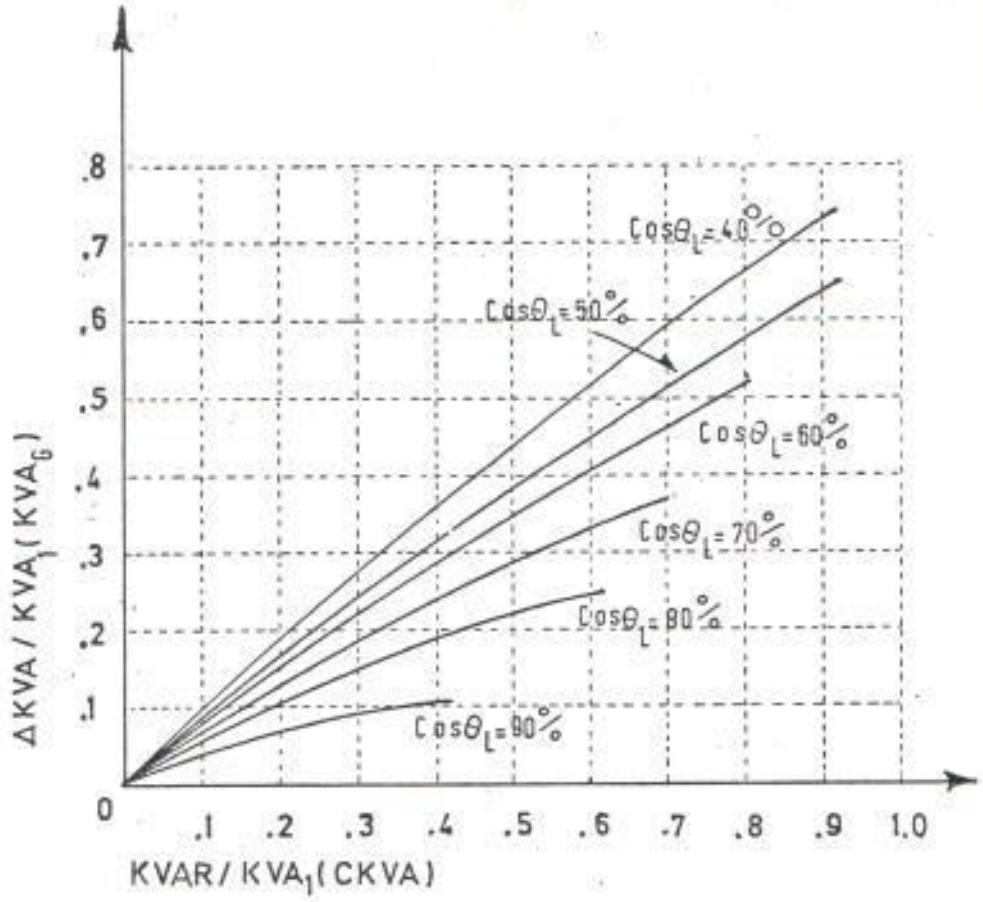


Fig. # 11 Capacidad liberada en circuitos limitados por la corriente debido a la instalación de capacitores.

La reducción de la carga pico en kilovatios (demanda) es un importante beneficio económico para las empresas.

El tercer beneficio derivado de la reducción de pérdidas es fácilmente evaluado una vez que los cálculos iniciales son realizados. Para este análisis de costo, la mayoría de empresas usa el costo por kilovatio de energía entregada. El ahorro es la reducción calculada en por unidad multiplicada por la pérdida pico original por las horas del período considerado, multiplicado por el costo encontrado.

1.3.5.- AUMENTO DE RENTAS DEBIDO A UN MAYOR VOLTAJE DEL SISTEMA

La evaluación de los mayores voltajes resultantes de la instalación de capacitores, concierne dos aspectos. Ellos son:

1.- El aumento inmediato del voltaje del sistema en el punto de medición ocasionando un aumento proporcional en el registro de kilovatio-hora.

2.- La reducción de la pendiente del perfil del voltaje de la alimentadora.

Esto está ilustrado en la fig. # 12

La relación de la ecuación 10 puede ser usada para calcular la subida de voltaje en un punto dado. Puesto que el beneficio generalmente está relacionado con

los niveles de voltaje residenciales, puede asumirse que las características de la carga serán primariamente resistivas. Por consiguiente, el aumento de kilovatios usados será proporcional al aumento del voltaje. Para realizar una evaluación conservadora, la siguiente relación es generalmente usada:

$$\Delta KW = 0.5\Delta E \qquad (30)$$

en donde las dos cantidades están expresadas en porcentajes.

Esta expresión puede ser convertida en kilovatios-hora usando el total de horas del período considerado. La ganancia en kilovatios-hora es usualmente considerado sobre una base anual, por consiguiente:

$$\Delta KWHR = 8760 \times 0.5\Delta E \times KW \times LF \qquad (31)$$

EJEMPLO I

Cuál es el valor económico del aumento de energía medida si un banco de capacitores de 900 KVAR se instala en una alimentadora a 13.8 KV con una carga promedio de 2000 KW? La alimentadora tiene una longitud de 6 Km con una reactancia de 0.44 ohms/Km y un costo promedio de energía de S/. 2/KWHR.

$$\Delta E = \% \text{ subida voltaje} = \frac{900 \times 0.44 \times 6}{10 \times (13.8)^2} = 1.25$$

$$\Delta KWHR = \frac{8760 \times 0.5 \times 1.25 \times 2000}{100} = 109.500$$

Aumento de rentas = 2 x 109.500 = S/. 219.000 anuales

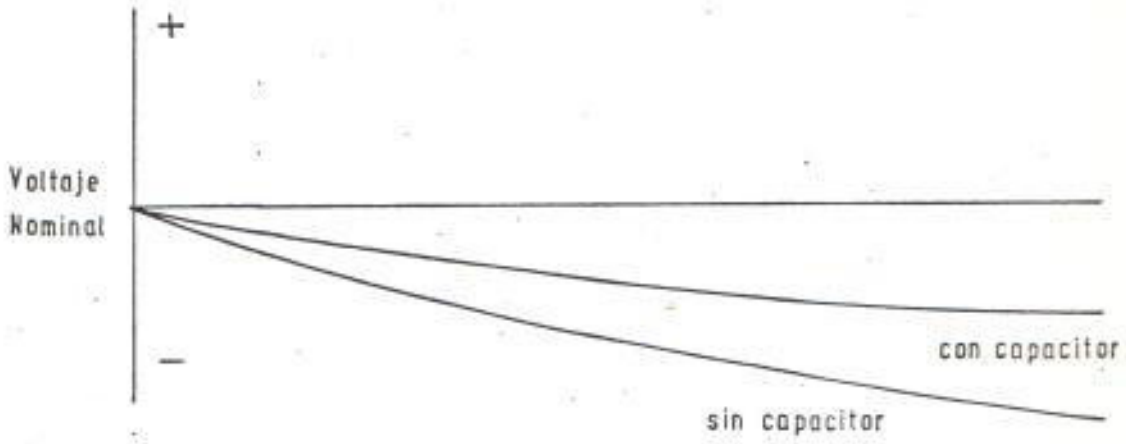


Fig. # 12 Perfil de voltaje en alimentadora con carga distribuída.

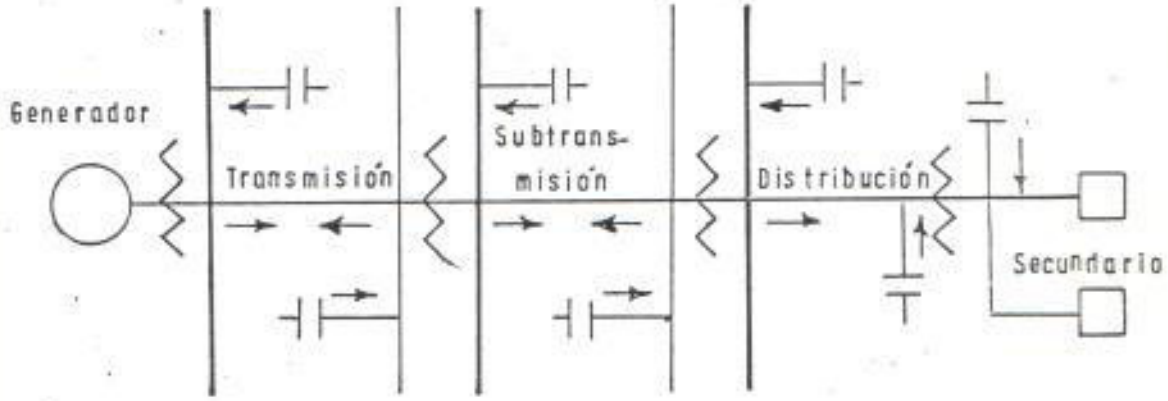


Fig. # 13 Ubicación típica de banco de capacitores.

La segunda condición para ganancia económica resulta porque el banco de capacitores fijos reduce la gradiente de voltaje a lo largo de la alimentadora con carga distribuída, como se muestra en la fig. # 12. Efectivamente-puesto que la caída reactiva del voltaje es reducida- la razón del voltaje de recepción al del entrada es cercano a la unidad. Esto puede permitir la omisión del regulador de voltaje en la alimentadora y en cualquier reducción en inversión en equipos para el sistema que deberían ser acerditados a la instalación de capacitores.

1.3.6.- SUMARIO DE EVALUACION DE BENEFICIOS DE LOS CAPACITORES

Los principales beneficios económicos para las empresas eléctricas por la instalación de capacitores shunt han sido discutidos brevemente. Análisis más detallados y comentarios se pueden encontrar en los artículos enlistados en la bibliografía.

El ingeniero de planificación tiene la opción de evaluar todos los beneficios económicos señalados, o usar sólamente aquellos que pueda aplicar a un determinado caso.

1.4.- DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS EN CAPACITORES

El concepto original de instalación de capacitores shunt en sistemas eléctricos era proponer algo así como a la buena de Dios, gobernado por métodos empíricos. Bastante extraño, cuando el amplio sistema de ingeniería en análisis, comparaciones y programas de computación han venido recomendando procedimientos para la aplicación de capacitores, estos mismos métodos nuevos han verificado la exactitud básica de algunos de estas guías o preceptos originales.

Toda la información precedente en este estudio es concerniente con la investigación de los efectos fundamentales de los capacitores shunt y cálculos de las ganancias económicas o crédito establecido por la instalación de este tipo de corrección de reactivo. El planificador de sistemas debe determinar, usando estos datos fundamentales y las características de su sistema, qué cantidad de correctores de reactivo debe comprar y en qué parte del sistema debe ser instalado.

1.4.1.- ESTIMACION DE LA MAGNITUD DE LA NECESIDAD DE REACTIVO ESTATICO

Una estimación aproximada de la s necesidades de reac

tivo en todo el sistema es necesario para asegurar que una impropia distribución de los capacitores shunt no ocurra. La carga reactiva en cada sección debe ser considerada, siendo el principal objetivo operar cada parte el sistema a un factor de potencia lo más cerca no a la unidad como sea posible práctica y económicamente.

Los datos que deben ser recolectados para este análisis es idéntico a los que se necesitan para un estudio de flujo de carga.

Esto incluirá cosas tales como:

1.- Características de las líneas de transmisión y sub transmisión.
2.- Tamaño de los transformadores, impedancias, y número de taps.
3.- Características del generador y su capacidad reactiva.
4.- Magnitud y localización presente de fuente de reactivo, tales como motores, generadores sincrónicos, o capacitores shunt.
5.- Constantes típicas de las alimentadoras de distribución y su carga.
6.- Factor de potencia y magnitudes de las mayores tomas de carga.

Las tendencias pasadas de requerimientos de reactivo eran estudiadas particularmente con relación al crecimiento de carga. Esto ayudará en la determinación de las futuras necesidades de KVAR que eran previstas por la tendencia del pico de carga del sistema. Un análisis del flujo de carga puede predecir los requerimientos de reactivo, informando generalmente al planificador cuántos KVAR son necesarios en las varias secciones del sistema, basándose en niveles de voltaje y picos de carga. El mismo estudio de carga puede decirle específicamente cuánta carga reactiva pueden suplir los generadores sin crear condiciones intolerables en el voltaje del sistema.

Si un estudio en un calculador de redes no puede ser hecho, las necesidades de capacitores pueden ser determinadas de los mismos datos, calculando cuántos KVAR son necesarios para subir el control de potencia de cada sección de operación a la unidad. La vía más simple de llegar a ésto es resolver el sistema de circuitos radiales equivalentes.

Este circuito radial tendrá las características combinadas de cada sección asumiendo implícitamente que las características de los circuitos y las cargas en varias secciones del sistema son similares, y pueden ser agrupadas con un voltaje básico común. El

factor de potencia de operación de cada sección del sistema es dependiente de la sección subsiguiente, en dirección de la carga, el factor de potencia operando en cada sección precedente debe ser reajustado hacia arriba antes de corregirlo a la unidad.

3.4.2.- LOCALIZACION DE LOS CAPACITORES EN UN SISTEMA RADIAL

Después de obtener los resultados para los requerimientos seccionales o totales de KVAR, es necesario arreglar un programa ordenado de instalación. El sistema típico de ubicación de capacitores está mostrado en la fig. # 13. Hay tres planes comunes para determinar cuál de estas ubicaciones es usada y la distribución de los capacitores en ella. Ellos son:

1.- Saturación del sistema de distribución.
2.- Comparación económica.
3.- Prioridad en emergencias.

3.4.3.- SATURACION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION

Es el primer y aún el método más común y aplicado por las empresas eléctricas en la aplicación de capacitores. Básicamente, según las necesidades de corrección de reactivo acumulado, capacitores shunt fijos son instalados en las alimentadoras de distribución hasta que el factor de potencia de operación iguale o ecceda a

la unidad a niveles de carga ligera. Para corregir a unidad a plena carga, se instalan banco de capacitores desconectables -sea en postes o en la subestación-.

Este programa es continuado cada año con una relación fija entre el crecimiento total de la carga del sistema y los capacitores a ser añadidos al sistema de distribución. Si se encuentra que a este nivel de voltaje no satisface plenamente las necesidades de reactivo, se hace consideraciones entonces al siguiente nivel de voltaje más alto. De esta forma, el sistema terminará con alrededor del 75-85% de sus capacitores shunt al nivel de voltaje de distribución, y el resto en los circuitos de subtransmisión.

1.4.4.- COMPARACION ECONOMICA

Involucra datos de costo del sistema para obtener el costo/KVAR de capacitores shunt instalados para cada sección del sistema. Estas cifras son entonces comparadas al costo/KVA de los equipos fuente los cuales producirán los mismos beneficios al sistema tales como mayor voltaje, aumento de capacidad y menores pérdidas.

Hay muchas maneras de obtener, y comparar estas cifras

de costos. Casi toda empresa tiene su método preferido a medida de su sistema de operación o método contable. Una filosofía preferida es considerar que los capacitores shunt pueden ser instalados en una sección dada del sistema hasta que S/. costo/KVAR instalados ecceda al S/. ganancia/KVAR de los últimos KVAR instalados. Como se puntualizó previamente, los S/. ganancia/KVAR disminuyen como el factor de potencia original aumenta. Por consiguiente, por cada KVAR añadido, la razón de S/. ganados a S/. de costo disminuirá. Cuando la razón llega a la unidad que ha alcanzado el balance económico de la instalación de capacitores. Puesto que el costo S/./KVAR variará entre las secciones del sistema, esta comparación debe hacerse a base de datos seccionales, de este modo arribando a la instalación óptima de capacitores en esa sección, sea transmisión, subtransmisión, distribución o secundario.

Un procedimiento sugerido para hacer una comparación de éstas es el siguiente:

Paso 1.- Obtener los S/. costo/KVAR instalados para cada sección del sistema a ser considerado.

Paso 2.- Calcular los S/. ganados/KVAR para cada sección del sistema.

Paso 3.- Calcular la razón de S/. ganados/KVAR a S/. costo/KVAR y continuar instalando capacitores en esa sección hasta que la razón sea 1.

Reg. No. POT-061

TABLA # 2

FACTORES DE CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA POR UNIDAD DE KW

FACTOR DE POTENCIA DESEADO

	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
50	0.982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.442	1.481	1.519	1.590	1.733
51	.937	.962	.989	1.015	1.041	1.067	1.094	1.120	1.147	1.175	1.203	1.231	1.261	1.292	1.324	1.358	1.395	1.436	1.484	1.544	1.687
52	.893	.919	.945	.971	.997	1.023	1.050	1.076	1.103	1.131	1.159	1.187	1.217	1.248	1.280	1.314	1.351	1.392	1.440	1.500	1.643
53	.850	.876	.902	.928	.954	.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271	1.308	1.349	1.397	1.457	1.600
54	.809	.835	.861	.887	.913	.939	.966	.992	1.019	1.047	1.075	1.103	1.133	1.164	1.196	1.230	1.267	1.308	1.356	1.416	1.559
55	.769	.795	.821	.847	.873	.899	.926	.952	.979	1.007	1.035	1.063	1.090	1.124	1.156	1.190	1.228	1.268	1.316	1.377	1.519
56	.730	.756	.782	.808	.834	.860	.887	.913	.940	.968	.996	1.024	1.051	1.085	1.117	1.151	1.189	1.229	1.277	1.338	1.480
57	.692	.718	.744	.770	.796	.822	.849	.875	.902	.930	.958	.986	1.013	1.047	1.079	1.113	1.151	1.191	1.239	1.300	1.442
58	.655	.681	.707	.733	.759	.786	.812	.838	.865	.893	.921	.949	.978	1.010	1.042	1.076	1.114	1.154	1.203	1.263	1.405
59	.618	.644	.670	.696	.722	.748	.775	.801	.828	.856	.884	.912	.939	.973	1.005	1.039	1.077	1.117	1.165	1.226	1.368
60	.584	.610	.636	.662	.688	.714	.741	.767	.794	.822	.850	.878	.905	.939	.971	1.005	1.043	1.083	1.131	1.193	1.334
61	.549	.575	.601	.627	.653	.679	.706	.732	.759	.787	.815	.843	.870	.904	.936	.970	1.008	1.048	1.096	1.157	1.299
62	.515	.541	.567	.593	.619	.645	.672	.698	.725	.753	.781	.809	.836	.870	.902	.936	.974	1.014	1.063	1.123	1.265
63	.483	.509	.535	.561	.587	.613	.640	.666	.693	.721	.749	.777	.804	.838	.870	.904	.942	.982	1.030	1.091	1.233
64	.450	.476	.502	.528	.554	.580	.607	.633	.660	.688	.715	.744	.771	.805	.837	.871	.909	.949	.997	1.058	1.200
65	.419	.445	.471	.497	.523	.549	.576	.602	.629	.657	.685	.713	.740	.774	.806	.840	.878	.918	.966	1.027	1.169
66	.388	.414	.440	.466	.492	.518	.545	.571	.598	.626	.654	.682	.709	.743	.775	.809	.847	.887	.935	.996	1.138
67	.358	.384	.410	.436	.462	.488	.515	.541	.568	.596	.624	.652	.679	.713	.745	.779	.817	.857	.905	.966	1.108
68	.329	.355	.381	.407	.433	.459	.486	.511	.539	.567	.595	.623	.650	.684	.716	.750	.788	.828	.876	.937	1.079
69	.299	.325	.351	.377	.403	.429	.456	.482	.509	.537	.565	.593	.620	.654	.686	.720	.758	.798	.846	.907	1.049
70	.270	.296	.322	.348	.374	.400	.427	.453	.480	.508	.536	.564	.591	.625	.657	.691	.729	.769	.811	.876	1.020
71	.242	.268	.294	.320	.346	.372	.399	.425	.452	.480	.508	.536	.563	.597	.629	.663	.701	.741	.783	.850	.992
72	.213	.239	.265	.291	.317	.343	.370	.396	.423	.451	.479	.507	.534	.568	.600	.634	.672	.712	.754	.821	.963
73	.186	.212	.238	.264	.290	.316	.343	.369	.396	.424	.452	.480	.507	.541	.573	.607	.645	.685	.727	.794	.936
74	.159	.185	.211	.237	.263	.289	.316	.342	.369	.397	.425	.453	.480	.514	.546	.580	.618	.658	.700	.767	.909
75	.132	.158	.184	.210	.236	.262	.289	.315	.342	.370	.398	.426	.453	.487	.519	.553	.591	.631	.675	.740	.882
76	.105	.131	.157	.183	.209	.235	.262	.288	.315	.343	.371	.399	.426	.460	.492	.526	.564	.604	.652	.713	.855
77	.079	.105	.131	.157	.183	.209	.236	.262	.289	.317	.345	.373	.400	.434	.466	.500	.538	.578	.626	.687	.829
78	.053	.079	.105	.131	.157	.183	.210	.236	.263	.291	.319	.347	.374	.408	.440	.474	.512	.552	.600	.661	.803
79	.026	.052	.078	.104	.130	.156	.183	.209	.236	.264	.292	.320	.347	.381	.413	.447	.485	.525	.573	.634	.776
80	.000	.026	.052	.078	.104	.130	.157	.183	.210	.238	.266	.294	.321	.355	.387	.421	.459	.499	.547	.608	.750
81	....	.000	.026	.052	.078	.104	.131	.157	.184	.212	.240	.268	.295	.329	.361	.395	.433	.473	.521	.582	.724
82	....	....	.000	.026	.052	.078	.105	.131	.158	.186	.214	.242	.269	.303	.335	.369	.407	.447	.495	.556	.698
83	....	....	....	.000	.026	.052	.079	.105	.132	.160	.188	.216	.243	.277	.309	.343	.381	.421	.469	.530	.672
84	....	....	....	....	.000	.026	.053	.079	.106	.134	.162	.190	.217	.251	.283	.317	.355	.395	.443	.504	.645
85	....	....	....	....	....	.000	.027	.053	.080	.108	.136	.164	.191	.225	.257	.291	.329	.369	.417	.478	.620
86	....	....	....	....	....	....	.000	.026	.053	.081	.109	.137	.167	.198	.230	.265	.301	.343	.390	.451	.593
87	....	....	....	....	....	....	....	.000	.027	.055	.082	.111	.141	.172	.204	.238	.275	.317	.364	.423	.567
88	....	....	....	....	....	....	....	....	.000	.028	.056	.084	.114	.145	.177	.211	.248	.290	.337	.396	.540
89	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.000	.028	.056	.086	.117	.149	.183	.220	.263	.309	.370	.512
90	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.000	.028	.058	.089	.121	.155	.192	.234	.281	.343	.484
91	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.000	.030	.061	.093	.127	.164	.206	.253	.314	.456
92	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.000	.031	.063	.097	.134	.176	.223	.284	.426
93	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.000	.032	.066	.103	.145	.192	.253	.395
94	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.000	.034	.071	.113	.160	.221	.363
95	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.000	.037	.079	.126	.187	.328
96	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.000	.042	.089	.150	.292
97	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.000	.047	.108	.251
98	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.000	.061	.203
99	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	....	.000	.142

FACTOR DE POTENCIA ORIGINAL

Puesto que la disminución en S/. ganados/KVAR es una función del cambio del factor de potencia de la fuente, es necesario recalcular el factor de potencia de la fuente después de cada incremento de capacitores. La tabla # 2 de la pag. , simplifica este procedimiento puesto que el factor de potencia resultante para cada incremento de capacitores puede obtenerse proporcionando el factor de potencia inicial conocido.

EJEMPLO J

Suponiendo que 3000 KVAR se han añadido a un circuito con 11250 KVA de carga al 80% de factor de potencia, cuál es el factor de potencia resultante?

$$\text{Factor de corrección} = \frac{3000}{11250} = 0.266$$

De la tabla # 2, el factor de potencia resultante es 88.8%.

Si esto es usado en una comparación económica, todo S/. ganado/KVAR para bancos adicionales serán evaluados con una base de un factor de potencia original del 88.8%.

Otra filosofía aceptada y probada de comparación económica es basar el límite de instalación de capacitores al mínimo costo del sistema. El siguiente análisis correlaciona la cantidad de capacitores instalados

a un mínimo de inversión del sistema. Las fórmulas son derivadas paraaplicación general a cualquier sección del sistema.

Las siguientes cantidades son usadas:

P_L = KW entregados a la carga

U_L = KVA entregados a la carga

U_R = KVA resultantes del sistema

Q_L = KVAR entregados a la carga

Q_c = KVAR entregados por el capacitor

Q_s = KVAR entregados por la fuente

θ_1 = factor de potencia inicial

θ_2 = factor de potencia resultante

R = costo/KVAR anual del capacitor

S = costo/KVA anual de los circuitos fuente

C = costo total del sistema/KW de la capacidad del sistema.

La relación vectorial entre kilovatios, kilovars y KVA totales en cualquier punto del sistema está mostrado en la fig. # 14 para un sistema simplificado que está en la misma figura.

La potencia real requerida por la carga y el sistema es P_L , y los vars de la carga y el sistema más alla de un punto en particular es Q_L . Los vars son entregados parcialmente por los generadores y el resto por los capacitores. La parte de Q_L que viene de la fuen

te es Q_s y la porción entregada por los capacitores es Q_c . El sistema y la carga más lejanos al punto de instalación de los capacitores absorve U_L KVA a un ángulo de factor de potencia inicial de θ_L por lo cual la fuente entrega U_R KVA a un ángulo de factor de potencia resultante θ_2. El factor de potencia de la fuente decimos es resultante porque si los capacitores no estuvieran en circuito, la fuente tendría que entregar todo el reactivo y operaría al mismo factor de potencia de la carga.

Las cargas al capital invertido anualmente para abastecer a la carga, incluyendo costos de todas las secciones del sistema hasta la instalación de los capacitores en kilovatios en por unidad se designa como C. Puesto que cada uno de los valores de la fuente de energía está expresado en por unidad, las cargas a la inversión totales pueden mostrarse como:

$$C \times P_L = S \times U_L \times R \times Q_c \qquad (32)$$

Es posible convertir esta expresión por medio de equivalentes trigonométricos hasta que el costo total este en términos de una sola variable que es cos θ_2, factor de potencia resultante de los circuitos fuente. Esto es de desearse puesto que el objetivo esencial de cualquier instalación de capacitores es reducir a un mínimo la demanda del reactivo a la fuente. Debe

hacerse notar que el factor de potencia de la carga es considerado fijo y por consiguiente es tomado como una constante en la derivación. Por consiguiente:

$$C = \frac{S \dfrac{P_L}{\cos \theta_2} + R \times P_L(\tan \theta_1 - \tan \theta_2)}{P_L} \qquad (33)$$

ó

$$C = \frac{S}{\cos \theta_2} + R\,(\tan \theta_1 - \tan \theta_2) \qquad (34)$$

Esta ecuación final para C es una expresión del costo combinado anual de los circuitos fuente y de los capacitores en términos del ángulo del factor de potencia resultante. El ángulo del factor de potencia obtenido cuando este costo anual es mínimo, es una medida de la proporción más económica del capital invertido entre circuitos fuente y capacitores. El valor mínimo de C puede ser obtenido tomando la primera derivada de C con respecto a θ_2, e igualándola a 0, así:

$$\frac{dC}{d\theta_2} = \frac{S \operatorname{sen} \theta_2}{\cos^2 \theta_2} + R\left(0 - \frac{1}{\cos^2 \theta_2}\right) = 0 \qquad (35)$$

Por consiguiente

$$S \operatorname{sen} \theta_2 - R = 0$$

$$\operatorname{sen} \theta_2 = R/S \qquad (36)$$

Este análisis matemático, en efecto, relaciona las distribuciones monetarias establecidas anteriormente con la relación vectorial mostrada en la fig. #

Puesto que $\cos \theta = \sqrt{1 - \operatorname{sen}^2 \theta}$

el factor de potencia puede ser expresado directamen

te como:

$$\cos \theta_2 = \sqrt{1 - \left(\frac{R}{S}\right)^2} \qquad (37)$$

El factor de potencia determinado por esta fórmula es entonces, el factor de potencia óptimo que puede alcanzarse por la aplicación de capacitores shunt a un sistema eléctrico. Resultados típico están graficados en la fig. #15.

Por sustitución en la fórmula original para el costo total, puede obtenerse una expresión para el costo mínimo.

$$C = \sqrt{S^2 - R^2} + R \tan \theta_1 \qquad (38)$$

Puesto que estas fórmulas son derivadas usando como base un costo de sistema/KVA para equipos limitados sólo térmicamente, hay un pequeño error involucrado donde parte del sistema incluido tienen su capacidad limitada por la caída de voltaje.

Usando el factor de potencia óptimo derivado en la ecuación 37 como el factor de potencia máximo para operación de cualquier sección del sistema, la cantidad óptima de capacitores shunt a instalarse puede ser determinada como sigue:

1.- Determine el costo S/./KW o costo S/./KVA para

equipos fuente o líneas. Esto debe ser calculado para cada sección del sistema.

2.- Determine el costo S/./KVAR de los capacitores shunt instalados, tomando también como base una sección.

3.- Usando la ecuación 37 o la fig. # 15, calcule el factor de potencia óptimo para la sección del sistema en consideración.

4.- De la tabla # 2, obtenga el factor de corrección apropiado. Cuando la carga en KW es multiplicada por este factor, el valor óptimo de capacitores a instalarse para una sección en particular del sistema es obtenido.

Si el mismo procedimiento es aplicado a otra sección del sistema, se deberá recordar que el factor de potencia de operación de cualquier sección será modificado por la instalación de capacitores entre ella y la carga.

EJEMPLO K

Cuál es la instalación de capacitores óptima en una alimentadora a 13.8 KV con las siguientes características:

$KW_1 = 3000$

$\theta_1 = 80\%$

S = 6000/KVA

R = 400/KVA

de la ecuación 37

$$\cos \theta_2 = \sqrt{1 - (\frac{400}{6000})^2} = 0.997$$

de la tabla # 2

instalación óptima de capacitores shunt

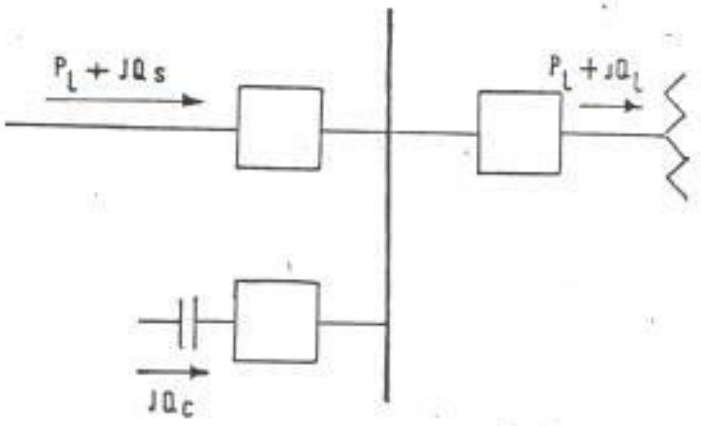
= 0.61 x 3000

= 1.830 KVAR

Este ejemplo nos indica que la corrección a casi la unidad del factor de potencia es muchas veces económicamente justificada.

7.4.5.- INSTALACION EN EL PRIMARIO VS INSTALACION EN EL SECUNDARIO

Algunos planificadores prefieren considerar los capacitores en el secundario sólo como base para compararlos con las unidades en el primario antes que para una aplicación en todo el sistema. Este método ahorra tiempo, puesto que asume que los capacitores primarios están ya económicamente justificados. Puesto que todos los beneficios que puedan resultar de la instalación de capacitores primarios pueden ser acreditados también a las unidades para secundario, justificación de las unidades para secundario pueden ser rápidamente chequeadas computando las ganancias adicionales obtenidas por la reducción de la corriente reactiva a través de los transformadores de distribución y circuitos secundarios.



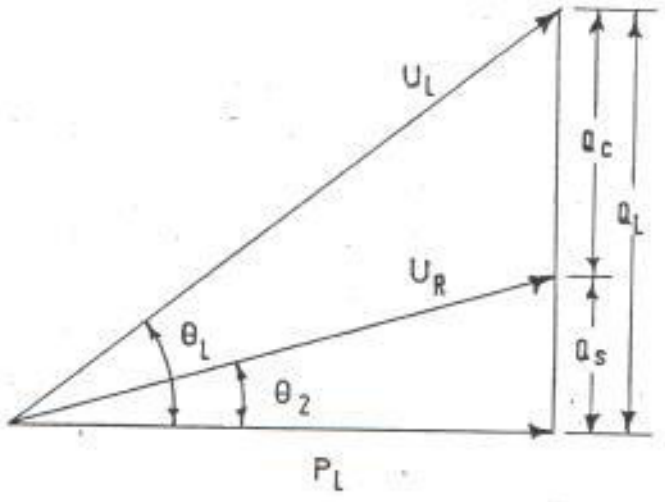


Fig. # 14 Diagrama vectorial para derivación de fórmula del mínimo costo.

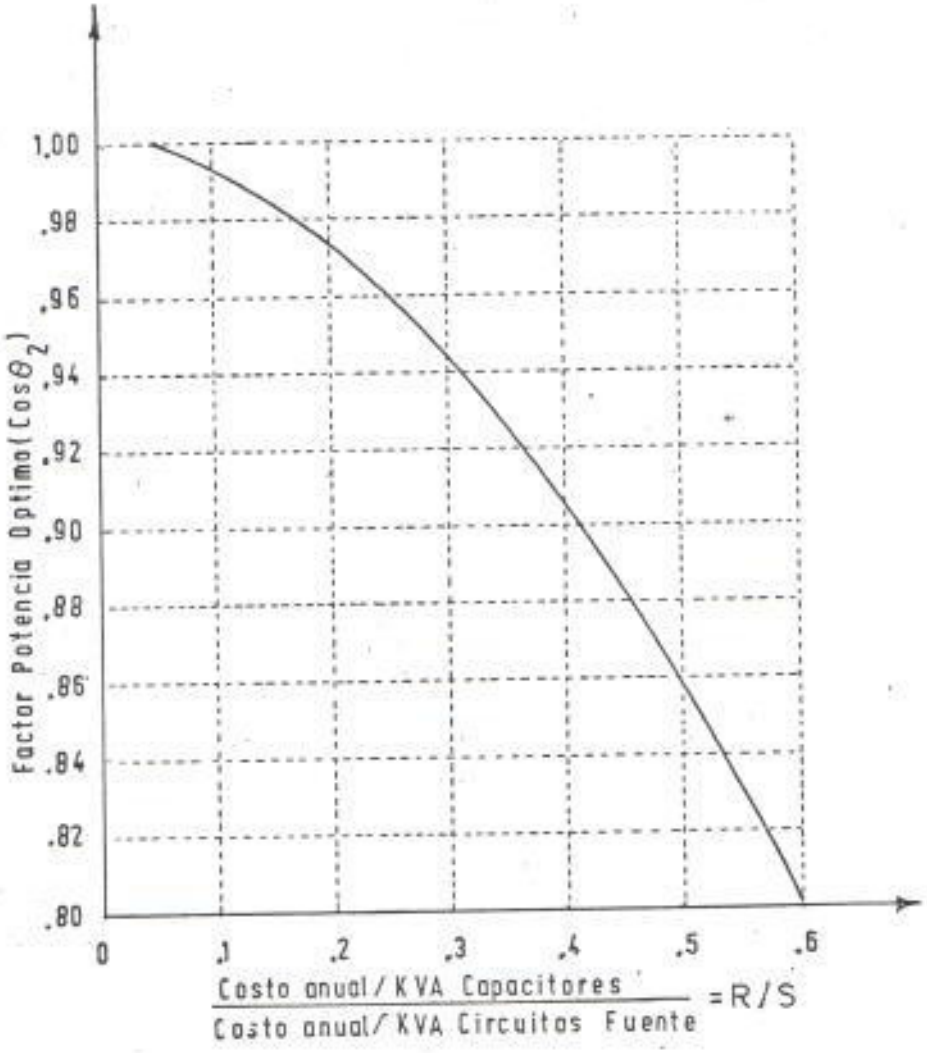


Fig. # 15 Factor de potencia óptimo del sistema en función de una mínima inversión.

Puede parecer que capacitores en el secundario podrían ser siempre justificados puesto que ellos ofrecen una mayor reducción de pérdidas, como mayor capacidad relevada, y mayor incremento de voltaje directamente en el punto de medición. Económicamente, sinembargo, este aumento de beneficios puede ser completamente compensado por el alto costo/KVAR de los capacitores de la clase de 240 a 600 voltios, comparados con las unidades de 2400 a 7960 voltios. Además, las unidades individuales son necesariamente pequeñas debido a las dimensiones de la carga reactiva que ellos intentan corregir. Este incrementa el costo S/./KVAR de instalación considerablemente.

Es posible hacer una comparación económica completa en este caso especial por cualquier método señalado bajo "comparación económica" pág. , sin embargo, un método rápido para revisar se usa en la práctica. Este procedimiento reconoce que la mayor ventaja de los capacitores secundarios sobre las unidades primarias es la capacidad relevada en el transformador de distribución. Por consiguiente, si la instalación en el secundario puede justificarse en esta base sólamente, los otros beneficios simplemente aumentan las ganancias económicas. Si, sin embargo, ellos no pueden demostrar una ventaja sobre las unidades primarias debido a la capacidad relevada en el transformador, las

ganancias adicionales por los otros beneficios usualmente no son suficientes para garantizar futuras consideraciones.

Las curvas de la fig. #16 fueron desarrolladas del diagrama vectorial de la fig. #10 que representa la capacidad liberada en los equipos limitados térmicamente. Si el voltaje es el factor determinante, una comparación paso a paso como se discutió anteriormente sería más aproximada.

Para el caso general, sin embargo, es posible determina r si unidades para secundario son económicas conociendo solamente el factor de potencia inicial, factor de potencia óptimo deseado, razón de costo de unidades para secundario a unidades para primario y el costo de transformadores de distribución por KVA. Si la razón de KVAR (secundario) a KVAR (primario) es permisible de acuerdo a las curvas de la fig. #16 es justamente igual a la razón actual, otros beneficios económicos tales como disminución de pérdidas en el secundario y aumento de entradas por un mayor voltaje en el secundario podrían ser calculados para validificar una decisión positiva.

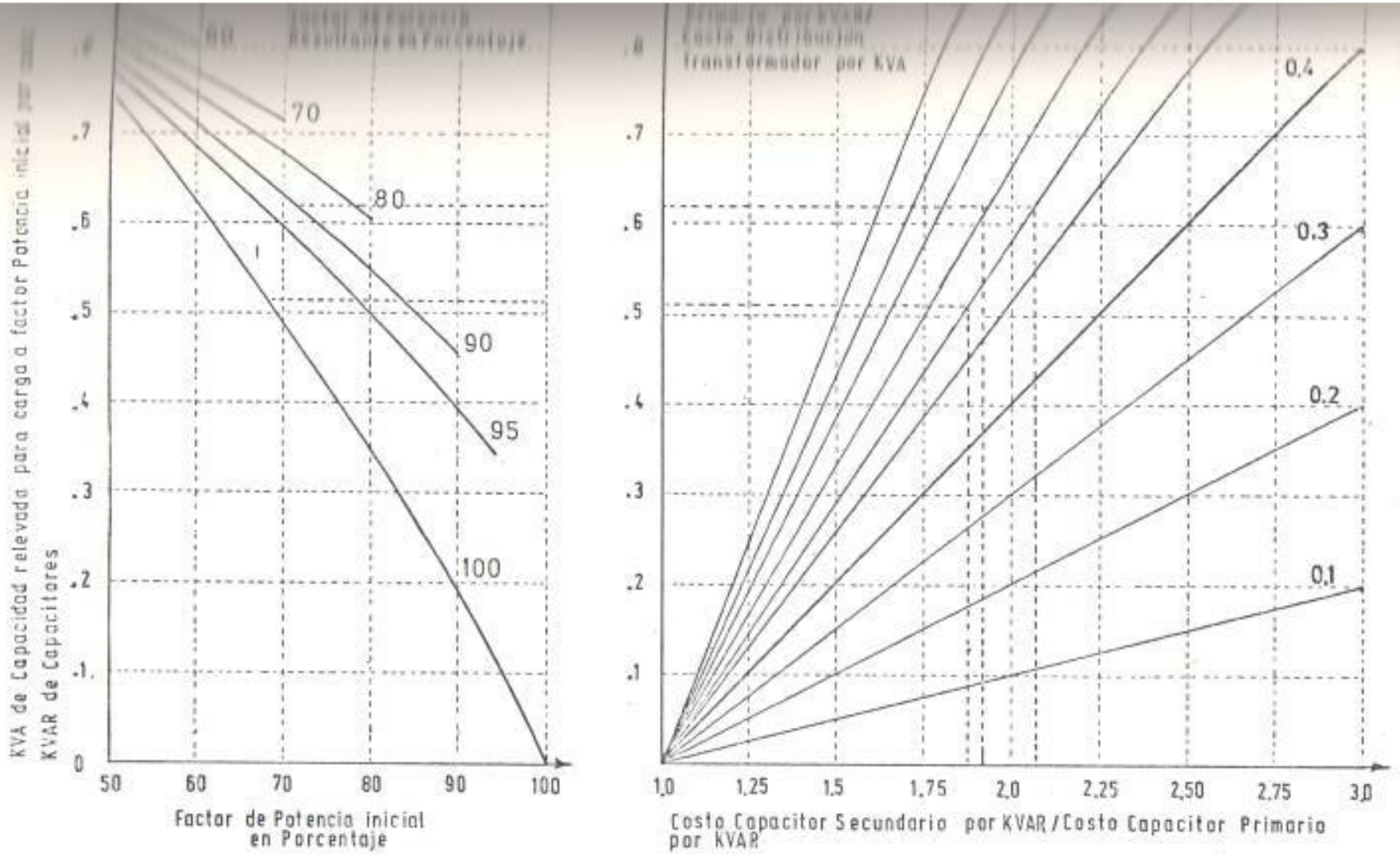


Fig. # 16 Comparación económica entre instalación de capacitores en el primario y el secundario.

1.4.6.- PRIORIDAD EN EMERGENCIAS

Muchas instalaciones de capacitores son justificados sólamente por sus beneficios al sistema durante condiciones de emergencia. Esto es particularmente verdad con bancos grandes y a alto voltaje. Por ejemplo, un banco de capacitores puede ser instalado en una barra de 138 KV con dos líneas de entrada. El banco de capacitores podría estar el mayor tiempo de -energizado, sin embargo, cuando hay una tormenta eléctrica en el área, podrían ser conectados a la barra. Entonces, si una línea se desconecta durante la tormenta, la línea restante será capaz de llevar toda la carga de la subestación, porque la corriente reactiva será entregada por el capacitor. Sin el capacitor, el voltaje en la barra sería muy bajo y toda la carga puede perderse.

Otro ejemplo es una empresa la cual encuentra deseable compensar las altas pérdidas reactivas en un transformador de interconección, normalmente no soportando una carga apreciable. Esto permite un máximo intercambio de energía por su operación a un factor de potencia unitario o cercano a él durante emergencias tales como la pérdida de un generador grande del sistema interconectado.

Bancos de capacitores desconectables son instalados a veces en alimentadoras de distribución estrictamente por el mérito de mejorar la regulación de voltaje. En esta aplicación son comparados económica y operacionalmente con los reguladores de voltaje necesarios para proveer la misma función. Sólo recientemente, con el advenimiento de exitosos programas de computación para comparar métodos de regulación de voltaje esta práctica ha venido a ser corriente. Previamente, la complejidad y largura de los cálculos han prohibido extensos estudios.

2.4.7.- UBICACION DE CAPACITORES DENTRO DE SECCIONES DEL SISTEMA

La instalación de capacitores enseñada en la fig. 13 indica la ubicación óptima dentro de cada sección para dar unas pérdidas mínimas al sistema. Esto puede o no dictar el emplazamiento exacto del banco de capacitores dentro de cada sección, otras consideraciones tienen a veces prioridad. Esto es verdad particularmente con bancos para transmisión y subtransmisión, donde la facilidad de espacio en la subestación o condiciones de emergencia pueden ejercer gran influencia en determinar la ubicación antes que las mínimas pérdidas.

La ubicación exacta de bancos de capacitores diseñados para instalación en alimentadoras primarias de distribución es, sin embargo, un problema con muchas variables, y no todas incluídas en la solución. En general, el análisis para una ubicación óptima en una alimentadora en particular se basa en una máxima reducción de pérdidas. Sin embargo, el variante patrón de la carga, cambio de conductores y el efecto de usar capacitores fijos y desconectables en la misma alimentadora, hace imposible mantenerlos en una óptima ubicación. Esto hace necesario analizar continuamente las alimentadoras individualmente o desarrollar métodos de optimización para aplicar al caso general, y considerar su aplicación sólamente una vez, al momento de su instalación inicial.

Una aproximación práctica en este problema, la cual se puede probar en práctica y en teoría, es instalar el banco de capacitores en un punto que esté a 2/3 de distancia de la fuente al final de la alimentadora. La cantidad de KVAR correctivos y el factor de carga reactivo determinarán si ésto da la máxima reducción de pérdidas en general, sin embargo, los resultados obtenidos son satisfactorios. El efecto - completo será un compromiso en que el tamaño del banco de capacitores más económico determinado considerando todos los beneficios, y su ubicación en base a pérdidas mínimas.

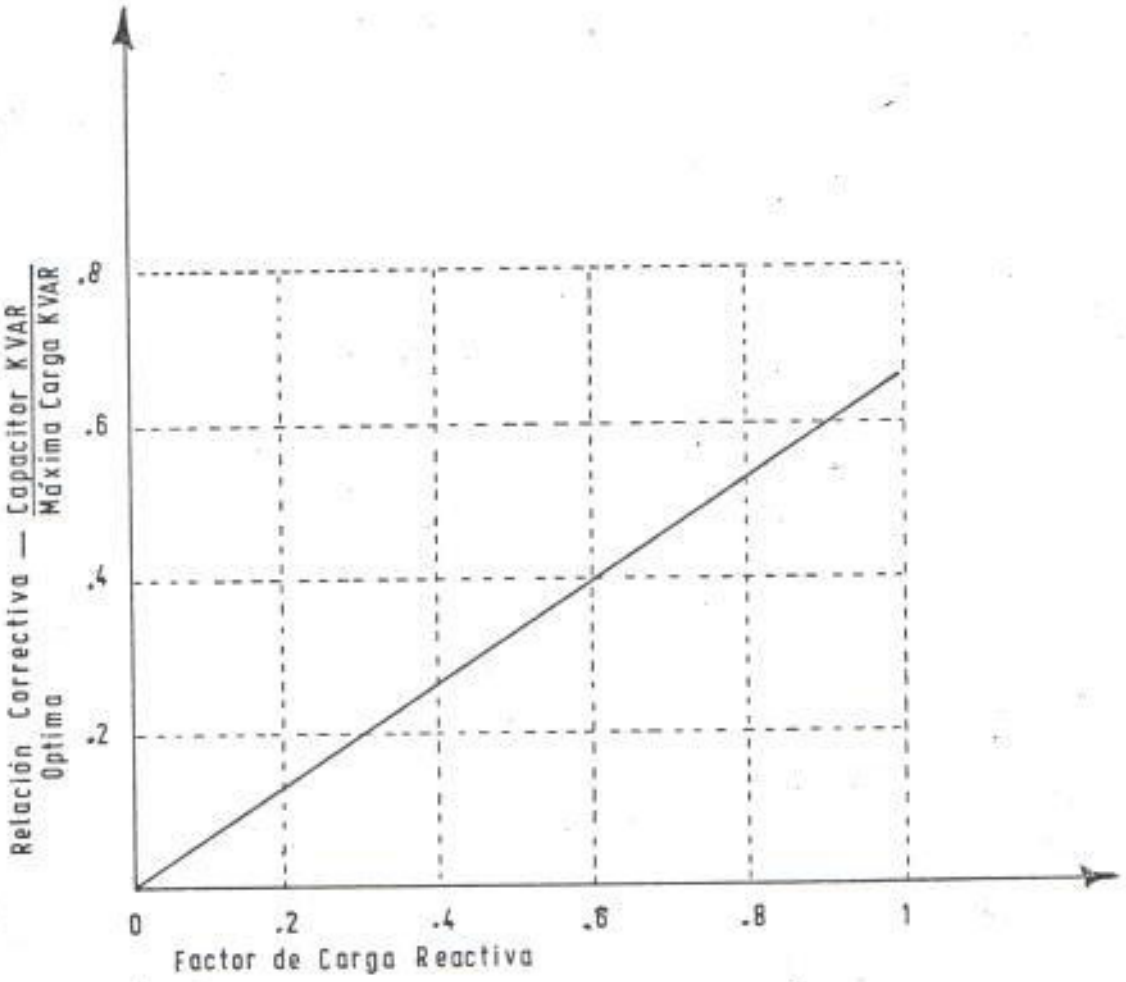


Fig. # 17 Variación de la instalación óptima de capacitores con el factor de carga reactiva.

Si la instalación es considerada sólamente en base de pérdidas mínimas, puede ser demostrado que el tamaño óptimo del banco de capacitores es de 2/3 de los KVA de la carga y su ubicación óptima la indicada previamente. Resultados de recientes estudios han demostrado que esta conclusión es válida excepto cuando la alimentadora tiene un bajo factor reactivo de carga. La fig. # 17 indica cómo el tamaño óptimo del banco de capacitores varía con el factor de reactivo de la carga sumiendo que la instalación se hará en un punto a 2/3 de la distancia entre la fuente y la carga.

La probabilidad de que condiciones de voltaje, estandarización de equipos, o limitaciones en el voltaje forzaran la instalación de más de un banco en una alimentadora dada, añadiendo otra variable más al problema de la determinación del tamaño y ubicación óptimos.

Los siguientes pasos se sugieren para la determinación de los requerimientos de capacitores shunt en alimentadoras primarias:

Paso 1.- La instalación óptima de capacitores shunt para una alimentadora en pa rticular se determinará por el método del mínimo costo.

Paso 2.- El factor reactivo de carga, el cual es la razón de la carga reactiva promedio a la carga reactiva total, será calculado usando fig. 17,

el tamaño máximo del banco a ser instalado en un punto a 2/3 de la distancia de la fuente a la carga puede obtenerse. Si el total a ser instalado obtenido con el paso 1 es mayor que aquel determinado en la fig. # 17, la aplicación será hecha en dos o más bancos con los otros bancos instalados hacia la fuente.

Paso 3.- Cuando el límite de capacitores fijos se ha alcanzado, como se determinó anteiormente, deben añadirse capacitores desconectables hasta alcanzar el límite económico. La ubicación de capa citores desconectable será dictada principalemnte por las condiciones del voltaje, sin embargo, generalmnte son instalados en el 1/3 restante de la alimentadora.

[illegible].- CONECCION ELECTRICA DE LOS CAPACITORES SHUNT AL SISTEMA

Al efectuar las conecciones del sistema de potencia, algunas preguntas relacionadas con las condiciones de operación deben ser contestadas. Cada problema como conmutación, conección y puesta a tierra, y la protección de los bancos deben ser arreglados para mejora de la instalación, y en casos aún a los clientes. Cada una de estas preguntas es discutida en los si-

guientes párrafos.

1.4.9.- BANCOS DE CAPACITORES FIJOS O DESCONECTABLES

Todos los bancos shunt de capacitores deben ser ligados a la red a través de un artefacto desconectador al menos capaz de interrumpir la corriente del capacitor. En un banco desconectable este aparato desconectador es operado regularmente para beneficio del sistema, mientras que en un banco fijo hay sólamente una operación ocasional para mantenimiento. En circuitos de distribución, bancos de capacitores fijos son instalados hasta que las necesidades de reactivo a baja carga son satisfechas. Cualquier capacitor adicional es instalado con conmutadores, usualmente montados en postes.

Bancos para transmisión y subtransmisión, por ser un gran conjunto de capacitores, son siempre desconectables. El único problema es la máxima cantidad la cual puede ser conmutada al mismo tiempo. Esto es usualmente limitado por equipo conmutador antes que por el cambio súbito de voltaje causado por inserción o remoción del banco de capacitores del sistema. Esto es particularmente verdad si rompe cargas o disyuntores comunes son usados como medios de conmutación.

Muy poca conmutación ha sido intentada con unidades secundarias debido a lo económico. Algunos aparatos han sido hechos con elementos bimetálicos sensibles a la temperatura ambiente.

4.4.10.- CONMUTADORES

Conmutadores típicos, dependiendo de su ubicación dentro de la alimentadora primaria son:

1.- Interruptores en aceite de un polo o tres polos
2.- Disyuntores en aceite - tres polos
3.- Disyuntores en aire - tres polos

El costo del equipo conmutador debe ser incluído en el costo por KVAR de capacitores shunt instalados. Su costo relativamente alto, particularmente en aplicaciones a alto voltaje, es a veces el factor determinante en el análisis económico. Sin embargo, desarrollos en equipos conmutadores de bajo costo están progresando rápidamente, y en el futuro la ventaja económica de grandes bancos se hará más aparente.

4.4.11.- CONTROL DE CONMUTACION

Si un banco de capacitores va a ser conmutado regularmente, un método de control específico debe escogerse. Este esquema de control, puesto que es la base en la cual el banco de capacitores es conectado o desconec

tado del sistema, debe ser adaptado a la medida más próxima como sea posible a los requerimientos reactivos del sistema. Los parámetros típicos usados para controlar los conmutadores de capacitores son los siguientes:

1.- Disyuntor de tiempo

2.- Voltaje

3.- Corriente

4.- Voltaje-tiempo

5.- Voltaje-corriente

6.- Vars o corriente reactiva

7.- Temperatura

8.- Manual

Un estudio reciente ha revelado que el control con disyuntores de tiempo es usado en la mayoría de las instalaciones en alimentadoras primarias, y el control de voltaje es el método más común en bancos en subestaciones. Los otros esquemas de control son usados en variado grado, ususalmente en situaciones especiales. Como las empresas investigan más a fondo los requerimientos de vars en su sistema, se hace obvio que métodos más sofisticados de control tales como corriente-tiempo y watt-vars están ganando en uso. Esto puede resultar incuestionablemente en una entrega de vars lo más apretada posible a las necesidades del sistema, y generalmente con los beneficios contingentes asegurados.

Control por tiempo, sin embargo, tiene la ventaja que es el menos costoso al instalarlo, y además, es independiente de la operación del sistema, no necesitando coordinación con otros equipos de regulación de voltaje. Determinar si es que el control por tiempo puede ser usado requiere estudios del ciclo de la carga en las alimentadoras representativas del sistema. Es más efectivo en alimentadoras radiales donde el ciclo es más predecible y consistente. Grandes bancos de capacitores en las barras de transmisión también pueden ser aplicadas efectivamente usando control de tiempo.

Conmutación de un banco de capacitores respondiendo a la variación del voltaje del sistema de distribución puede crear un problema de coordinación con los reguladores de inducción o por etapas (taps) en la misma área. Sin embargo, usando el voltaje como señal de conmutación es deseable porque el elemento sensible es simple y rápidamente disponible. También, en muchas aplicaciones, bancos controlados por el voltaje resultan en ganancias de todos los beneficios de los capacitores shunt, puesto que el bajo voltaje es un resultado directo del flujo de corriente reactiva, a la cual reducen los capacitores.

Para resolver el problema de coordinación, considera ciones sobre el ajuste del control de cualquier regu

lador de voltaje asociado es necesario. Una excesiva operación del banco de capacitores o del regulador puede ocurrir de acuerdo al penduleo causado por una coordinación impropia entre los dos aparatos. Cuando es usado control de voltaje en un banco de una alimentadora primaria, el cambio de voltaje causado por el capacitor puede ser calculado por la ecuación 10. El rango del regulador de voltaje debe incluir o agrupar el cambio de voltaje de la alimentadora calculado, de tal manera que la operación de uno no causa la operación del otro en la dirección opuesta. Si la coordinación es apropiada, interacción entre los dos aparatos no ocurrirá, y el banco de capacitores estará en servicio el máximo tiempo permitido basado en los requerimientos de reactivo del sistema.

4.12.- CONECCION Y PUESTA A TIERRA DE BANCOS DE CAPACITORES

Bancos de capacitores shunt pueden ser conectados al sistema de una empresa eléctrica como un transformador, o sea que en tanto en estrella o en triángulo. Además, si se conecta en estrella, el banco puede ser puesto a tierra o no. La mayoría de los bancos existentes están conectados en estrella. Pero hay aún alguna controversia sobre si los bancos deben ser aterrizados o no. Los tres métodos básicos de conección están mostrados en la fig. # 18. El método utilizado

por una empresa dependerá del tipo de sistema (puesto a tierra o no), coordinación, economía, ubicación y una posible interferencia inductiva.

Generalmente, bancos grandes en transmisión, subtransmisión y distribución en las barras de la suestación son conectados en Y. El tamaño del banco y el esquema de protección empleado determinan si el banco es puesto a tierra o no.

En banco de alimentadoras primarias de distribución, la mayoría de bancos de capacitores shunt son conectados en estrella con el neutro aterrizado. Las razones para esta preferencia son las siguientes:

1.- Puesto que el neutro está aterrizado, la estructura de montaje y el tanque del capacitor pueden ser aterrizados, y la instalación es considerada segura desde el punto de vista de operación.

2.- Si una unidad falla, una corriente de falla grande resulta y ocurre una operación positiva de los fusibles.

3.- La instalación es considerada segura si un conductor se abre antes del banco, puesto que al lado de la carga del circuito abierto nohabrá potencial superior al de tierra.

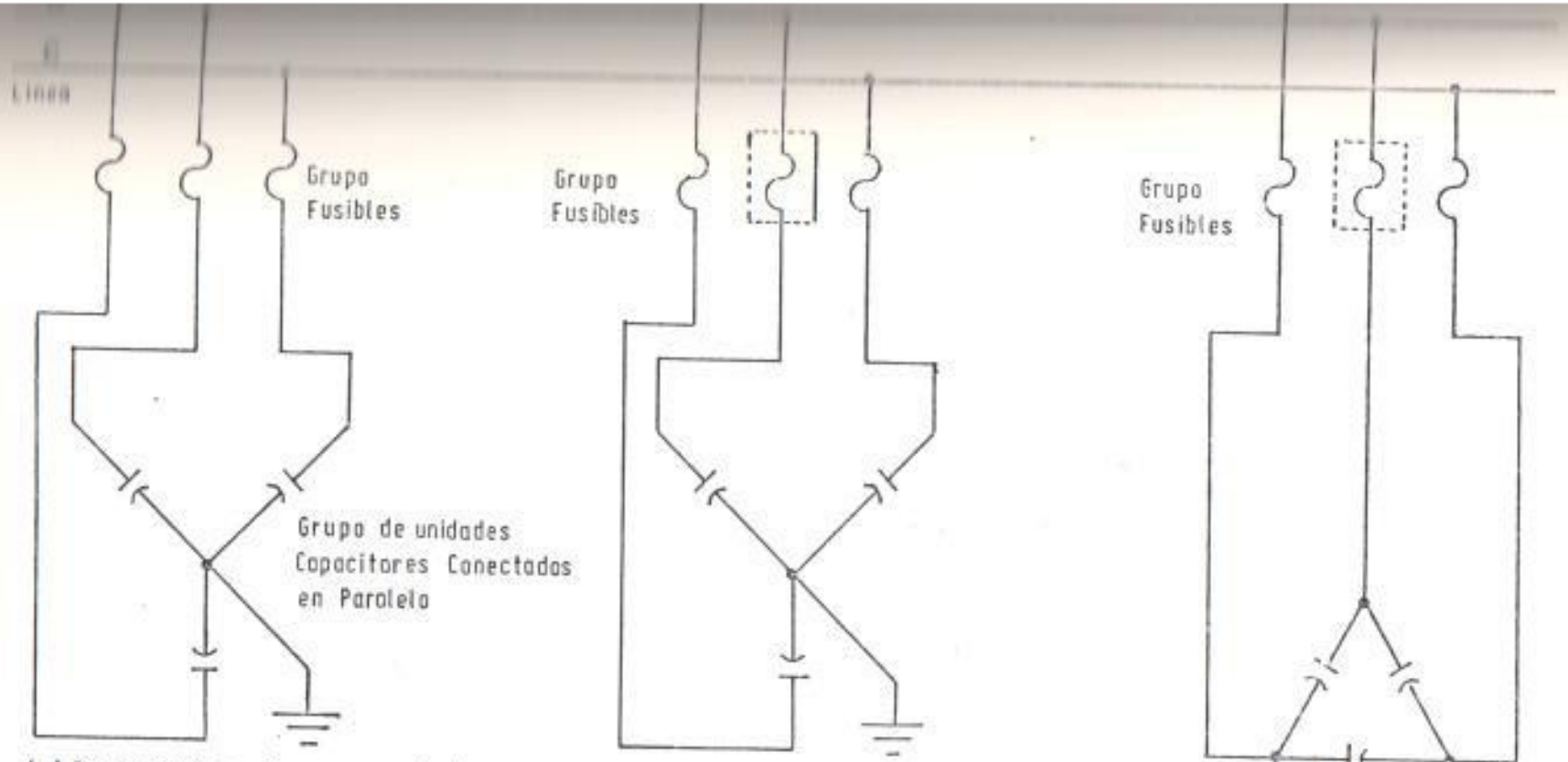
4.- El banco es algo autoprotegido de las descargas atmosféricas, puesto que presenta un camino de baja impedancia a tierra.

5.- Inversión del neutro o posiciones resonantes, debido a la conmutación de una sola fase entre la fuente y el banco, es poco probable que ocurra.

Muchas empresas, las cuales usan bancos conectaos en delta o estrellas sin aterrizar, basan su práctica en las siguientes desventajas de los bancos conectados en estrella sólidamente puesto a tierra.

1.- Bancos en estrella aterrizados pueden trastornar la detección de tierra o los esquemas de los relés en circuitos no aterrizados puesto que ellos proveen un circuito de baja impedancia a tierra.
2.- El banco de capacitores, si es aterrizado, proporciona un camino para las corrientes armónicas impares, y una interferencia inductiva o telefónica puede resultar. También, estas corrientes armónicas pueden causar un sobrecalentamiento del neutro.

Tanto los bancos conectados en delta como los conectados en estrella sin aterrizar tienen la ventaja de que son necesarios sólamente dos disyuntores para de-energizar el banco de capacitores. De este modo una empresa puede escoger esta conección por razones económicas además de las dos desventajas que la conección en estrella aterrizada mencionada anteriormente.



(a) Banco de Capacitores conectados en Estrella a Tierra

(b) Banco de Capacitores conectados en Estrella sin Tierra (Fusible central opcional o Switch)

(c) Banco de Capacitores conectados en Delta (Fusible central opcional o Switch)

Fig. # 18 Métodos para conectar bancos de capacitores al sistema

Donde se esperan corrientes de falla excesivamente altas, es a veces necesario el banco en estrella sin aterrizar el cual inherentemente limita la corriente causada por una unidad dañada de los capacitores. Esto se ilustra por examen de la fig. # 19 la cual nos muestra que el tiempo para la ruptura del tanque para una unidad de 50 KVAR a 5000 amp. o más es de 0.8 de ciclo. El mínimo tiempo para reacción del fusible es también 0.8 ciclos y por consiguiente la coordinación del grupo de fusibles se dificulta, sino se imposibilita. El uso de bancos conectados en estrella sin aterrizar, el cual limita la corriente a tres veces la normal, elimina la necesidad de ir a fusibles limitadores de corriente caros para resolver el problema.

Para resumir, las prácticas más comunes respecto a la conección de bancos de capacitores shunt a sistemás de una empresa son los siguientes:

1.- En las instalaciones en baras de subestaciones de transmisión, subtransmisión o distribución son usualmente conectados en estrella aterrizada o no, dependiendo del tipo de protección.

2.- Para sistemas en delta o no aterrizados, se usan generalmente bancos conectados en delta, excepto donde las corrientes de falla son excesivas, entonces bancos conectados en Y y sin ate-

servicio.

d) Protección contra sobrevoltaje: Cuando un banco shunt de capacitores está formado por grupos conectados en series de unidades en paralelo, el retiro de una o más unidades de un grupo causan sobrevoltajes en las unidades restantes. El voltaje continuo en cualquier unidad no debe exceder del 110% del voltaje nominal. El porcentaje de fallas en unidades de capacitores -normalmente menor al 1%- aumenta rápidamente si éstos están sujetos a sobrevoltajes. Por consiguiente, algún tipo de protección se necesita en bancos grandes, que retire el banco del sistema o suene una alarma, cuando un número significativo de unidades han sido retirados de servicio debido a la operación de fusibles. Instalación típica en fig. # 20

15.- PROTECCION DE BANCOS EN ALIMENTADORAS DE DISTRIBUCION

Por su pequeño tamaño y consecuentemente menor inversión total, los bancos en alimentadoras primarias justifican menor protección que los bancos grandes. Bancos fijos son generalmente protegidos contra fallas internas por un fusible para el grupo, el cual está coordinado con las características de ruptura del tanque como se describió previamente. Este mismo fusi-

ble sirve para desconectar al banco del sistema, previniendo la paralización de la alimentadora, por falla del banco de capacitores.

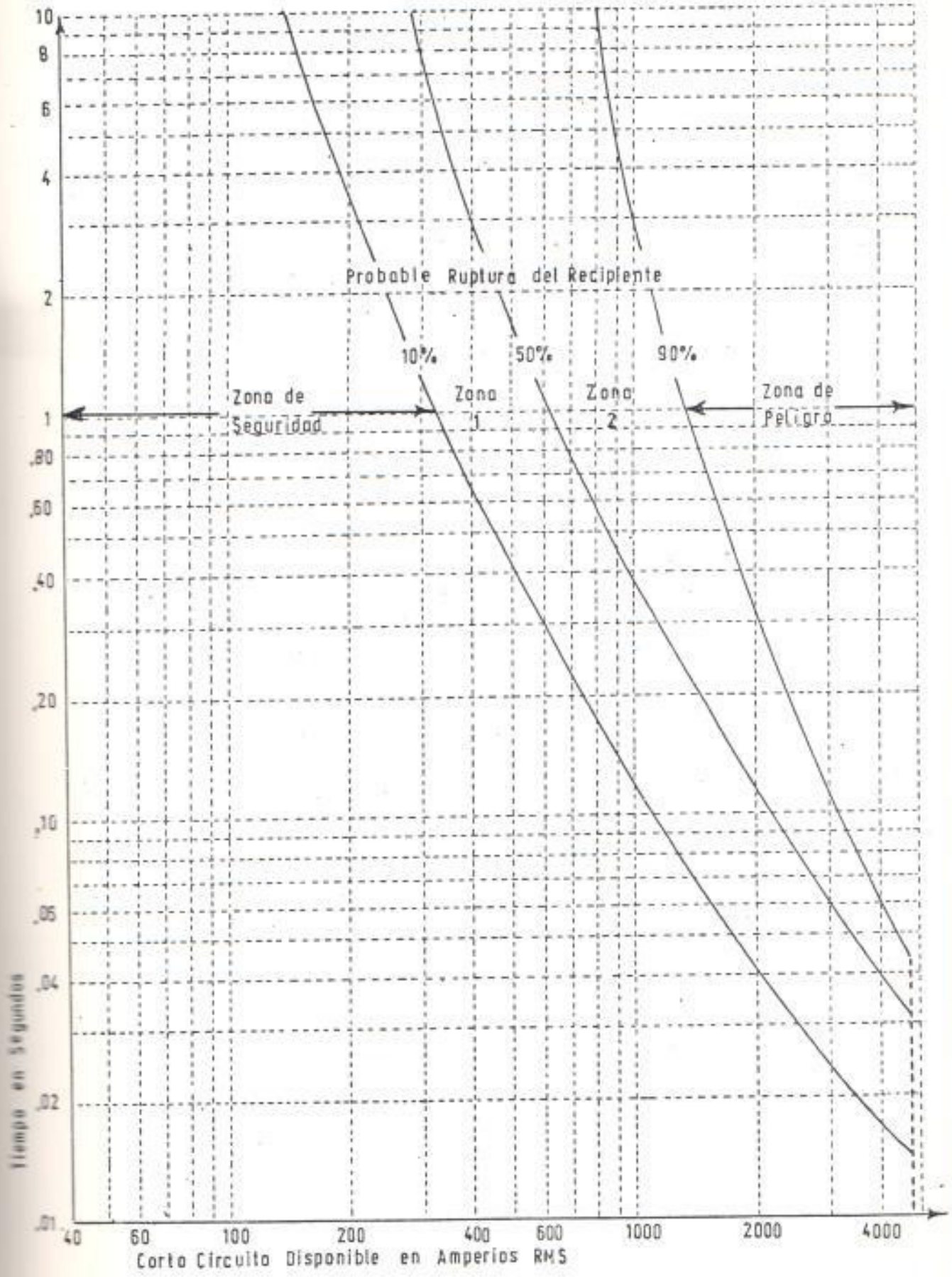


Fig. # 19 Características de ruptura del tanque de 50 KVAR.

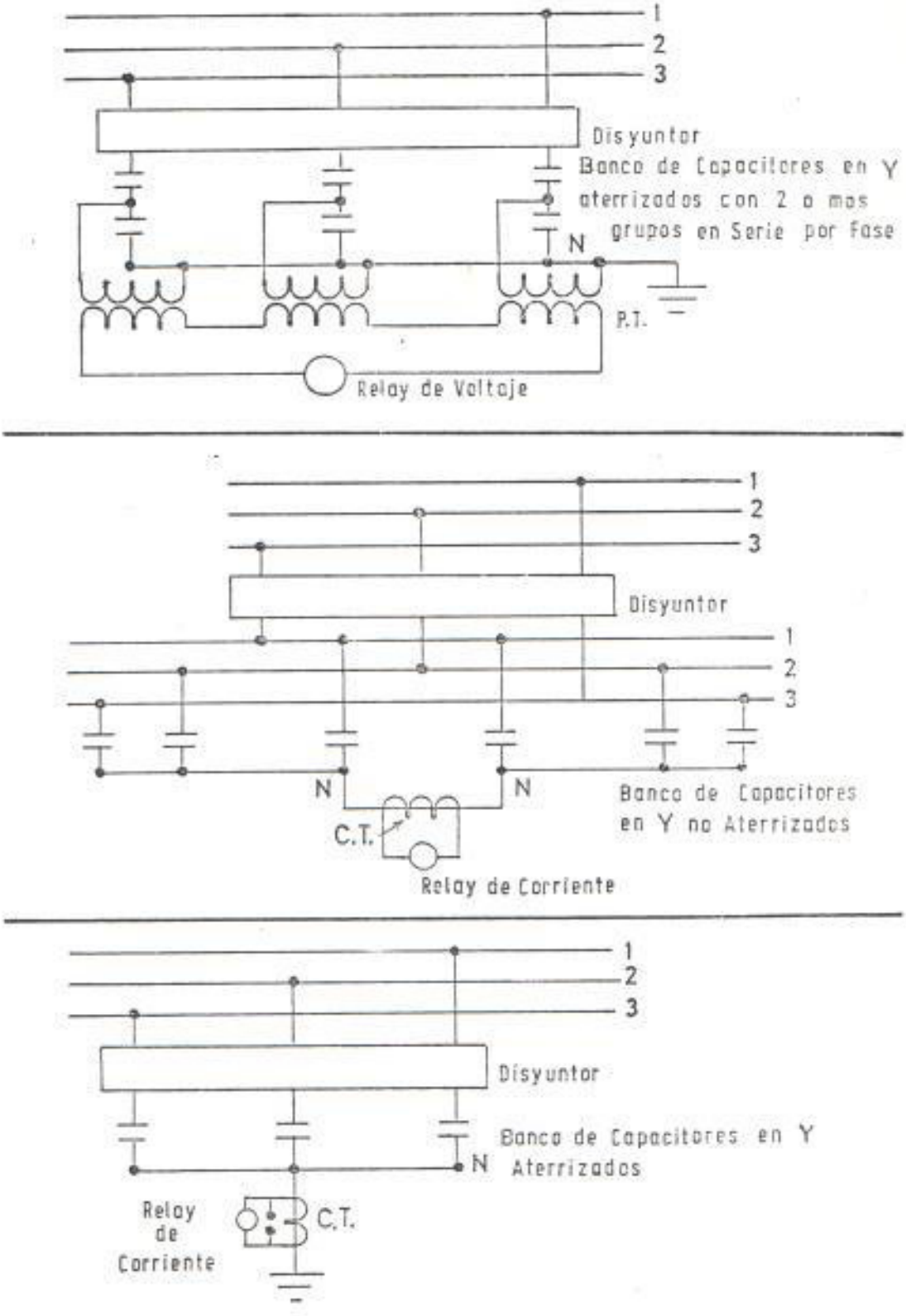


Fig. # 20 Método común de protección contra sobrevoltajes en bancos de capacitores.

C A P I T U L O 2

EFECTOS SECUNDARIOS DE LOS CAPACITORES

Hay varios problemas de operación los cuales pueden ser primeramente encontrados debido a la instalación de capacitores shunt. Estas condiciones deben ser reconocidas y corregidas. La aplicación de unidades de capacitores shunt es aún, sin embargo, uno de los más simples y directos de los aparatos eléctricos. El problema que causan es usualmente pequeño, y generalmente puede ser resuelto sin perjudicar a otros componentes del sistema o el máximo beneficio de la instalación de capacitores.

Una breve discusión de estos problemas y limitaciones de operación de los capacitores shunt están contenidos en los siguientes párrafos. Información más detallada se encontrará en las referencias enlistadas en la bibliografía.

2.1.- INTERFERENCIA TELEFONICA

Debido a la presencia de equipos en un sistema eléc-

trico el cual puede inherentemente generar corrientes armónicas, un problema de coordinación inductiva puede existir entre circuitos de servicio eléctrico y líneas tlefónicas. Mientras que el capacitor mismo no es una fuente de corrientes armónicas, un banco conectado en Y aterrizada puede complicar o aumentar substancialmente las corrientes armónicas y voltajes asociados con cualquier porción del sistema en particular. Esto es porque el banco de capacitores crea un camino de impedancia reducida para las corrientes armónicas, puesto que su impedancia es inversamente proporcional a la frecuencia.

Coordinación inductiva o interferencia telefónica fue más problemático en el pasado que en el presente. Con el mejoramiento de los cables y equipos telefónicos, muy pequeños problemas de esta suerte han sido encontrados en años recientes. El método más clásico de proceder con este problema es el de rearreglar las conecciones del banco de capacitores, si un problema de éstos ocurre. En otras palabras, si el banco de capacitores ha sido instalado con el neutro aterrizado y la interferencia telefónica aumenta en el área, una reconección del banco en Y sin aterrizar puede ser usualmente realizada, y el problema desaparecerá. En caso de que la reconección no sea posible, hay otros métodos de mejorar la si-

tuación tales como reactores auxiliares y cambios en los circuitos telefónicos o la reubicación del banco de capacitores.

2.2.- EFECTOS DE LOS CAPACITORES SHUNT SOBRE LA ESTABILIDAD DEL SISTEMA

Como se señaló previamente en la sección anterior, la instalación de capacitores shunt en sistemas eléctricos causa un aumento directo en el factor de potencia de operación de los generadores. Reduciendo la cantidad de reactivo entregado por el generador se reduce la magnitud de la corriente de campo para una carga en kilovatios y voltaje terminal dados. La estabilidad estática para unas condiciones de carga dadas es proporcional al voltaje en el entrehierro según la curva de saturación del generador, correspondiente a la corriente de excitación. Como la corriente de excitación es disminuída, el voltaje enel entrehierro del generador es disminuído; por consiguiente, la estabilidad estática del generador es proporcional a la corriente de excitación del generador. Esto ha sido observado generalmente, en generadores a turbina, si el factor de potencia de operación es mantenido al 95% atrazado o menos, no hay problema con la inestabilidad estática. Experiencias de operación han indicado que algunos generadores pueden ser operados entre 95

y 100% de factor de potencia sin problemas aparentes con la estabilidad del generador.

Cualquier generador, indiferente de su tipo, será afectado por la instalación de capacitores shunt a un sistema, por la natural disminución de la corriente de excitación. Esto puede ser necesario, como la operación de varios generadores de un sistema se aproximan a la unidad, analizar la capacidad reactiva de cada generador y determinar cuál sería su máximo factor de potencia de operación, desde un punto de vista de la estabilidad. La curva de capacidad reactiva de cada generador puede ser obtenida de los fabricantes, y el límite de estabilidad estática del generador dibujado sobre la curva. Esto permitirá a los operadores determinar el correcto factor de potencia de operación, y eliminar cualquier problema de estabilidad debido a la instalación de capacitores.

2.3.- RESONANCIA

El capacitor como un parámetro del circuito tiene la inherente habilidad de resonar a algunas frecuencias con las inductancias del circuito. Esto resulta, que bajo ciertas circunstancias puede ocurrir resonancia entre el capacitor en combinación con reactancias a tierra en paralelo dentro del sistema o del equipo.

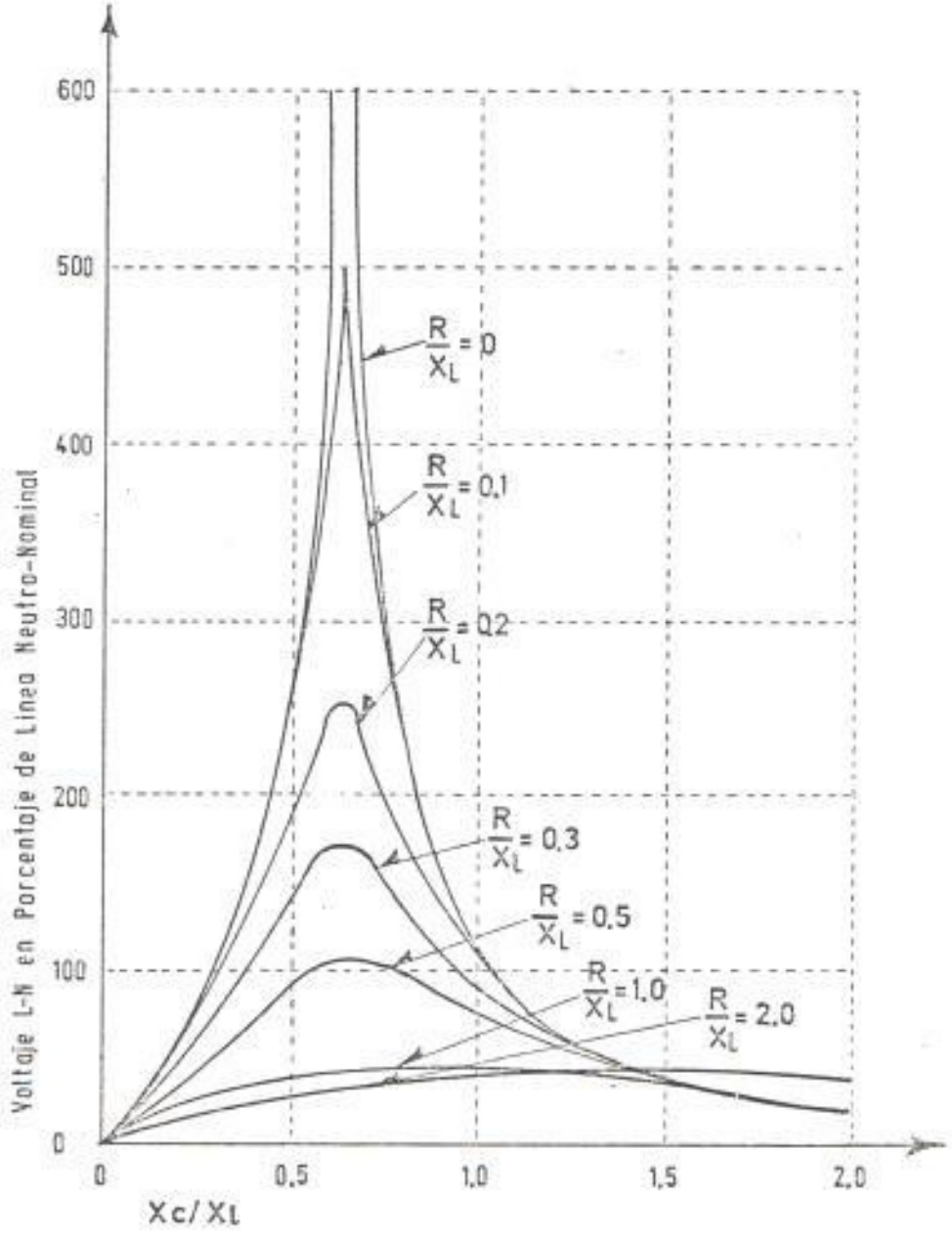


Fig. # 21 Posible sobrevoltaje debido a resonancia por una fase abierta.

Varios fenómenos de sobrevoltajes transientes han ocurrido en el pasado, los cuales pueden ser directamente señalados por la presencia de un banco de capacitores shunt en el sistema. El problema cae generalmente dentro de las siguientes categorías:

1.- Sobrevoltajes en los circuitos primarios con el banco de capacitores shunt instalados en circuitos de distribución varias veces aterrizados usando transformadores de distribución monofásicos.
2.- Sobrevoltajes transientes ocurren en el secundario de un transformador trifásico de distribución con capacitores en el primario.
3.- Sobrevoltajes resonantes directos ocurren simplemente por el incidente de conectar el banco de capacitores al circuito.

Los sobrevoltajes transientes en los dos primeros casos ocurren cuando uno o dos conectores están abiertos, y el circuito resonante es establecido entre la reactancia de magnetización del transformador y la reactancia a tierra del capacitor.

2.3.1.- RESONANCIA DE UN TRANSFORMADOR MONOFASICO DE DISTRIBUCION

Sobrevoltajes típicos posibles para una condición específica del sistema se muestran en la fig. # 21, para la primera categoría mencionada anteriormente. Las conclusiones alcanzadas, concernientes a la resonancia

de este tipo, son:

1.- Este fenómeno de resonancia en particular ocurre sólamente en circuitos de cuatro hilos teniendo cargas monofásicas conectadas línea a neutro y bancos de capacitores sin aterrizar. Los capacitores pueden ser conectados tanto en Y sin aterrizar o en delta.

2.- Resonancia ocurre cuando una o dos fases se abren entre el banco de capacitores y la fuente de voltaje.

3.- Serios sobrevoltajes o inversión del neutro ocurren solamente durante condiciones de carga muy ligeras. Este tipo de resonancia sería más permanente y bien conocido excepto que los valores de capacitancia, inductancia y resistencia están fuera del rango usualmente encontrado en los circuitos de alimentadoras primarias.

4.- La condición de resonancia puede ser prevenida aterrizando el neutro del banco de capacitores, previniendo el corte de fases entre el capacitor y la fuente de voltaje, o manteniendo las constantes del circuito fuera del rango crítico.

2.3.2.- RESONANCIA EN TRANSFORMADORES TRIFASICOS DE DISTRIBUCION

El segundo tipo de resonancia puede ocurrir con un banco de capacitores aterrizado y un banco de transfor

madores de distribución conectado en delta-estrella sin aterrizar. Con uno o dos conductores de fase abiertos, la reactancia capacitiva y la reactancia magnetizante del circuito tienden a formar un camino resonante de baja impedancia con ciertas relaciones de estas reactancias. Esto permite un flujo de corriente con el resultado que aparecen altos voltajes en el secundario, o en las fases abiertas del primario. Los voltajes del circuito pueden alcanzar una magnitud de dos a tres veces el voltaje línea-línea normal.

El problema puede ocurrir aún cuando no sean instalados capacitores shunt, debido a la capacitancia de línea a neutro del circuito, sin embargo, la presencia de un banco shun conectado en Y agrava la situación. Evidencias de estos posibles sobrevoltajes - cuando esta condición ha ocurrido han sido testificados por motores de aparatos quemados, ida a tierra - de calentadores a bajo voltaje y arcos producidos en las acometidas del secundario.

El hecho de que la caya portafusible está usualmente ubicada entre el banco de capa citores y el transformador aumenta la posibilidad de que ocurra resonancia. Las conclusiones alcanzadas con respecto a las causas y curas son las siguientes:

1.- Los voltajes transientes encontrados pueden ser

eliminados por aterrizamiento del neutro de los transformadores de distribución.

2.- El uso de disyuntores monofásicos entre los bancos de capacitores y transformadores debe evitarse.

3.- Generalmente, sobrevoltajes transientes peligrosos debido a este tipo de resonancia son limitados a sistemas donde la razón de la reactancia capacitiva a la reactancia magnetizante es tres o menos.

2.3.3.- SOBREVOLTAJES RESONANTES DIRECTOS

El fenómeno asociado con la tercera condición es un efecto resonante indeseable causando altos voltajes cuando el banco de capacitores se conecta al sistema. Estos sobrevoltajes son frecuentemente en ubicaciones remotas al banco de capacitores, tal como un circuito a bajo voltaje acoplado inductivamente a través de un transformador al circuito en el cual el capacitor está conectado. Por ejemplo, altos sobrevoltajes transientes pueden observarse cerca de un capacitor secundario cuando un banco de capacitores de una alimentadora primaria es conmutado. Esto es debido al circuito resonante formado por el capacitor secundario, la alimentadora y la inductancia del transformador entre los dos bancos de capacito-

res. Cuando el banco del primario es conmutado, una frecuencia transiente ocurre, el cual inicia el circuito resonante causando el sobrevoltaje. Este tipo de problema puede resultar en falla de un fusible o un pararrayos en el circuito de bajo voltaje o posible arco en una falla en los transformadores-instrumento en el circuito de alta tensión.

Las tres condiciones resonantes mencionadas arriba son difíciles de reconocer y casi imposible de predecir. Sólamente después de que el problema ha ocurrido pueden ser relacionadas con los bancos de capacitores, puesto que un conjunto peculiar de condiciones debe prevalecer antes de cualquier resonancia directa o ferro-resonancia tales como las descritas pueden causar voltajes anormales del sistema. Si el problema aumenta, condiciones correctivas como el movimiento del banco, aterrizar el transformador o el banco de capacitores dependiendo del tipo de problemás que son encontrados, remosión de protecciones monofásicas de entre el banco de capacitores y el transformador, o añadir una impedancia amortiguadora tal como un reactor el cual elimina enteramente el problema de resonancia.

TABLA # 3

LIMITES DE SOBREVOLTAJES RECOMENDADOS PARA CAPACITORES	
Duración	Factor multiplicador del voltaje RMS
½ Ciclo	3.0
1 Ciclo	2.7
15 Ciclos	2.0
1 Segundo	1.75
15 Segundos	1.40
1 Minuto	1.3
5 Minutos	1.2
30 Minutos	1.15

TABLA # 4

LIMITES DE VOLTAJES TRANSIENTES Y CORRIENTE RECOMENDADOS PARA CAPACITORES.		
Probable número de operaciones al año	Valor transiente pico multiplicado por voltajes y corriente RMS	
	Voltaje	Corriente
4	5	1500
40	4	1150
400	3.4	800
4000	2.9	400

2.4.- OPERACION DE LOS CAPACITORES BAJO CONDICIONES ANORMALES DEL SISTEMA

Los capacitores están diseñados para soportar a 60 ciclos un voltaje continuo del 110% del nominal. Los KVAR nominales de un capacitor en particular a cualquier voltaje es encontrado por la expresión:

$$KVAR = \frac{E^2 \times 2\pi f C \times 10^{-6}}{1000} \qquad (39)$$

donde

E = voltaje RMS nominal

f = frecuencia, ciclos/seg.

C = capacitancia en microfaradios

Como el voltaje sube, el KVAR aumenta con el cuadrado del voltaje. Esto aumentará la corriente absorvida por el capacitor, y por consiguiente, causa calentamiento y puede fallar el capacitor, si la condición se prolonga. Por consiguiente, es importante estar seguro que no son mantenidos voltajes a 60 ciclos sobre el 110% del nominal continuamente sobre la unidad de capacitor. El capacitor, sin embargo, tiene un margen de diseño para una condición de emergencia de sobrevoltaje como todos los aparatos eléctricos. Las tablas 3 y 4 tomadas de capacitores de potencia normales indican los tiempos límites de varios sobrevoltajes y corrientes, a los cuales un capacitor nor

mal puede estar sujeto sin pérdida de su vida esperada.

En el diseño de capacitores para aplicación en circuitos de potencia, es reconocido que el voltaje en operación no tiene una onda perfectamente sinusoidal, y que los KVAR de operación del capacitor serán mayores que los nominales, por una cantidad proporcional a la magnitud de las armónicas presentes en la onda de voltaje. Reconociendo nuevamente que generadores y transformadores son abastecedores de armónicas impares de voltaje, es necesario diseñar las unidades de capacitores individuales para que soporten continuamente alguna cantidad de voltaje armónico.

Unidades de capacitores, por consiguiente, tienen un margen térmico el cual es suficiente para permitir a 60 ciclos el sobrevoltaje mencionado previamente y alguna distorción de la forma de la onda. La norma industrial del 135% de la corriente nominal debe prevenir tanto contra el voltaje fundamental excesivo a 60 ciclos como la combinación de armónicas. Así, si el voltaje fundamental es mayor que el normal, el margen para las armónicas se reduce. Un procedimiento básico en operación es limitar los sobrevoltajes a 60 ciclos a no más del 105% del voltaje nominal, para que el margen para el sobrevoltaje armónico no sea re

ducido excesivamente.

La fig. # 22 nos indica el efecto de la forma de onda sobre la corriente del capacitor y puede ser usada para determinar la cantidad de permisible sobrevoltaje basado en el voltaje RMS medido en porciento del voltaje nominal.

Los voltajes y coriente RMS totales pueden ser determinados de un circuito en particular por unos voltímetros y amperímetros convencionales.

Es posible determinar de las curvas de la fig. # 22 el porcentaje de corriente RMS nominal permisible basado sobre un 135% del KVA máximo aceptables.

EJEMPLO L

Cuál es la máxima corriente RMS (medida) de un capacitor a 13,800 voltios, 100 KVAR, que puede absorver y permanecer dentro de los límites térmicos si está siendo operado 105% del voltaje nominal?

De la fig. # 22 asumimos que solamente la tercera armónica de voltaje tiene la magnitud suficiente para causar sobrecorriente.

De la fig. # 22 la corriente RMS medida puede ser 146% de la nominal.

$$I_{nominal} = \frac{100}{\sqrt{3}\ 13,8} = 4,18 \text{ Amp.}$$

$$I = 1,46 \times 4,18 = 6,10 \text{ Amp.}$$

Esto significa que si el valor medido de la corriente RMS no excede a 6,10 amperios, el capacitor está operando dentro de límites térmicos permisibles.

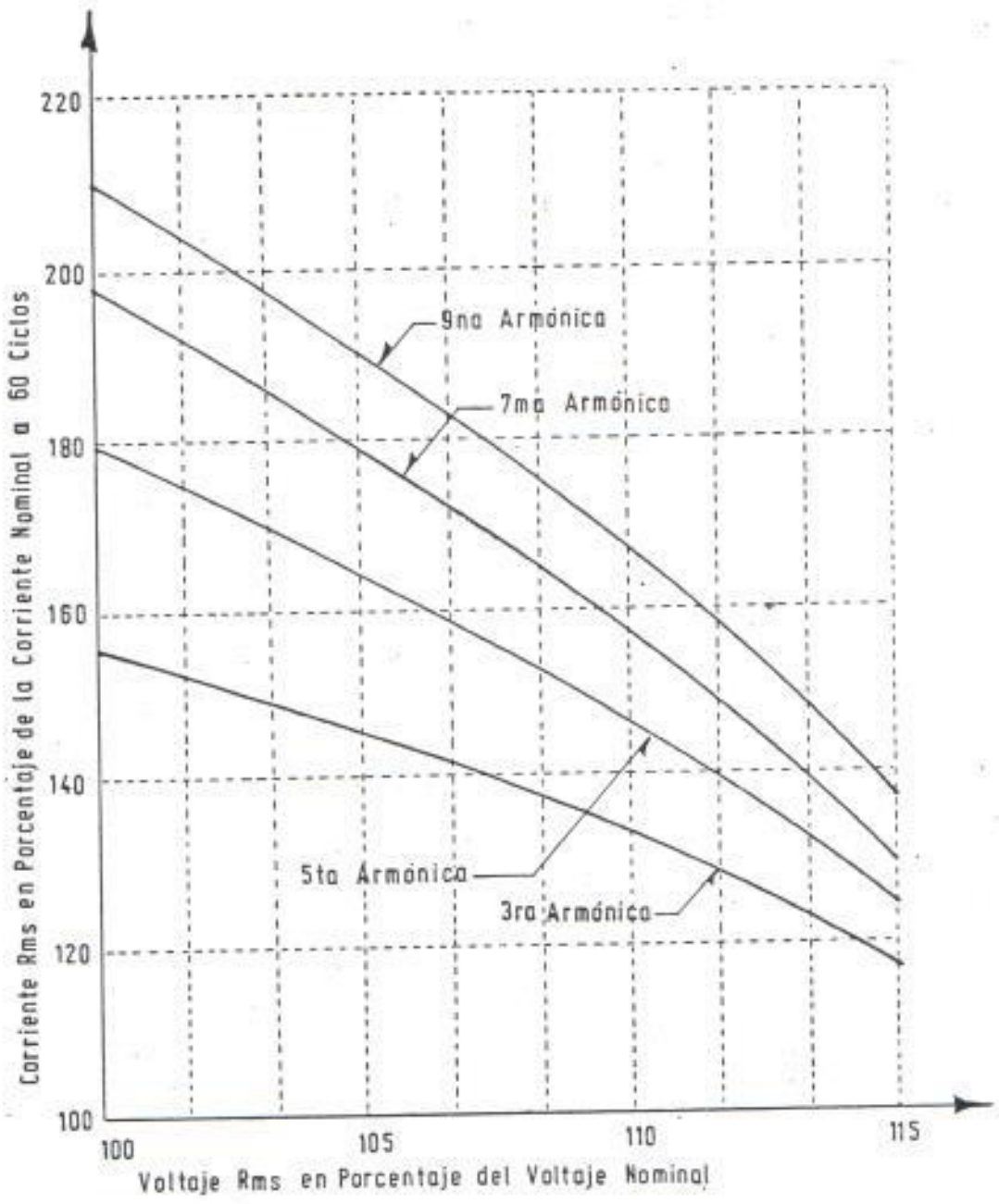


Fig. # 22 Límite térmico de operación de capacitores.

C A P I T U L O 3

CALCULO DE APLICACION DE CAPACITORES A UN CIRCUITO DE ALTA TENSION DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

3.1.- LEVANTAMIENTO DE CONDICIONES DEL CIRCUITO

La alimentadora escogida para realizar el estudio de aplicación de capacitores shunt para el control y regulación de voltaje ha sido llamada 25 DE JULIO que - saliendo de la subestación llamada GUASMO hace un recorrido por la parte sureste de la ciudad, sirviendo a extensas zonas residenciales en pleno desarrollo y a algunas industrias que existían antes de las llamadas invasiones que dieron inicio a la formación de áreas residenciales y artesanales con un factor de consumo KWHR/mes por habitante muy pequeño, pero que en los próximos años tendrá un desarrollo rápido, explosivo, fuera de toda estadística.

La carga, al ser una combinación de tipo residencial, artesanal e industrial, tiene una variación muy gran-

de, tanto en su cantidad como en su tipo, dependiendo de la hora del día y del día de la semana.

De registros cedidos por la Empresa Eléctrica del Ecuador Inc. y con ayuda del programa de computación preparado para este cálculo, y cuyos perfiles de voltaje están mostrados en las figs. # 23 y # 24, se han determinado los siguientes datos representativos de las condiciones de la alimentadora:

V_{min} = 13.800 voltios

$V_{máx}$ = 13.800 voltios

I_{min} = 195 Amp.

$I_{máx}$ = 345 Amp.

P_{min} = 3.728 KW

$P_{máx}$ = 6.596 KW

Factor de Potencia = 0.8

En el anexo 1 se encontrará el plano A - 1 que es el diagrama unifilar de la alimentadora y en el que constan las estaciones o nodos con carga instalada e indicada o derivaciones en ramales y subramales en sus distancias principales indicadas y su tipo de conductor especificado y el número de fases que sirven al sector.

Es muy importante observar que los ramales que salen de la línea principal algunos son muy largos y con una

carga muy grande para su conductor, especialmente considerando que la mayor parte son monofásicas, razón por la cual la caída de voltaje queda fuera del límite en condiciones de carga mínima. Tal es el caso del ramal 300.

3.2.- ESTUDIO DE LA VARIACION DEL VOLTAJE

Los datos determinados en el capítulo 3.1 se introdujeron en el programa de computación preparado para calcular los perfiles de voltaje a lo largo de la alimentadora con varias condiciones de carga, obteniéndose los resultados detallados en el anexo 2, del cual se ha extraído un resumen y que están graficados en la fig. # 23, 24, 25, y 26, en las cuales se toma como voltaje base 13.800 voltios en la barra de salida de la alimentadora y se determinan valores de voltaje según la distancia a las barras aumenta, hasta llegar a nivel más bajo alcanzado en la alimentadora que corresponde a la estación # 134, que está en el extremo del ramal denominado 300-13-3 en el plano A - 1 del anexo 1.

En la fig. # 23 está el perfil del voltaje de la alimentadora con carga máxima, calculada en 6.595 KW y un factor de potencia de 0.8 atrasado, en la que se ve claramente que apenas al primer kilómetro llega un voltaje dentro del 5% de caída permitida y en el final de la

alimentadora sobrepasa el 10% la caída de voltaje. La condición es más seria todavía en el ramal 300 que es su peor ramal.

En la fig. # 24 el perfil es para carga mínima en donde la caída de voltaje apenas sobrepasa el 5% al final de la línea, situación que ya necesitaatención y debe ser mejorada conjuntamente para el peor ramal.

En la fig. # 25 vemos las mismas condiciones de carga y factor de potencia que en la fig. # 23 y que es carga máxima, y notamos que la caída de voltaje en la línea principal en ningún punto llega al 5% de caída manteniendo una regulación dentro de los límites normalmente establecidos. Inclusive, el peor ramal apenas llega al mínimo del voltaje aceptado.

En la fig. # 26 las condiciones son para carga ligera y, como era de esperarse, los valores de voltaje se mantienen totalmente dentro de los límites permitidos incluyendo su peor ramal.

3.3.- CONDICIONES DE LA SUBESTACION

La subestación que sirve a la alimentadora 25 de Julio es la llamada Guasmo y está conformada por los siguiente equipos principales:

2 transformadores clase OA/FA

Capacidad máxima continua

12 MVA con ventilación natural y 55°C de aumento de temp.

16 MVA con ventilación natural y 55°C de aumento de temp.

17.9 MVA con ventilación natural y 65°C de aumento de temp.

Voltaje nominal: Alta tensión 67.000 voltios

Baja tensión 13.800/7.980 voltios

Frecuencia: 60 Hz.

de fases: 3

Con 12 MVA 67/13.8 KV Impedancia = 7%

Enfriamiento: aceite

Conección en alta tensión: Delta

Conección en baja tensión: Estrella

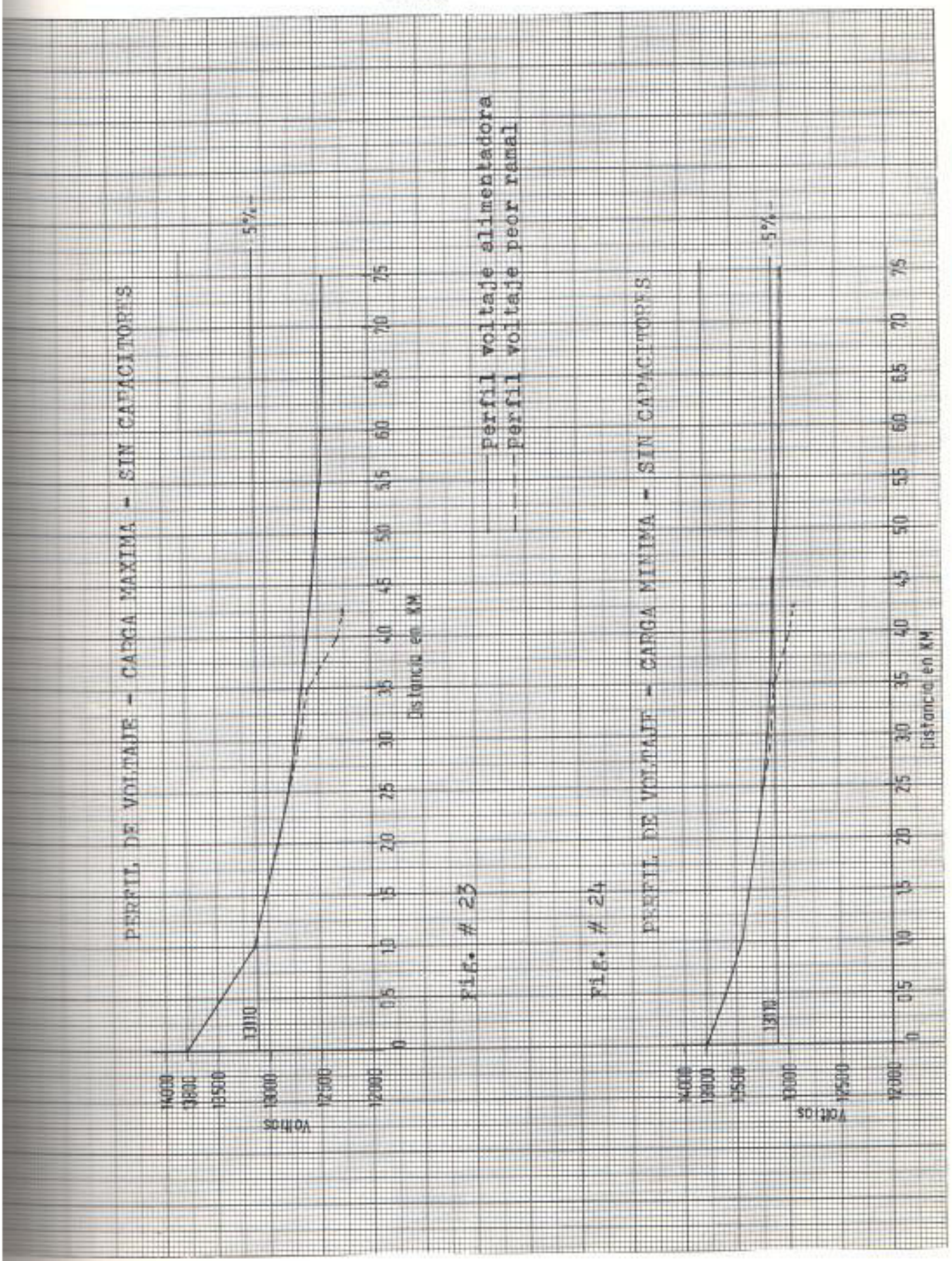
Niveles de voltaje de impulso de onda completa:

Bobinas de alto voltaje 350 KV

Bobinas de bajo voltaje 110 KV

De las barras de bajo voltaje del transformador que sale de la alimentadora 25 de Julio salen además otras dos alimentadoras.

También, en las barras de bajo voltaje del transformador está conectado a un banco de capacitores shunt de 1.800 KVAR controlado por un dispositivo sensible al voltaje, razón por la cual el voltaje en barras se mantiene en 13.800 voltios tanto con carga mínima como con máxima.


PERFIL DE VOLTAJE - CARGA MAXIMA - SIN CAPACITORES
5%
13110
Perfil voltaje alimentadora
Perfil voltaje peor ramal
Distancia en KM
Voltios
Fig. # 23
PERFIL DE VOLTAJE - CARGA MINIMA - SIN CAPACITORES
5%
13110
Distancia en KM
Voltios
Fig. # 24

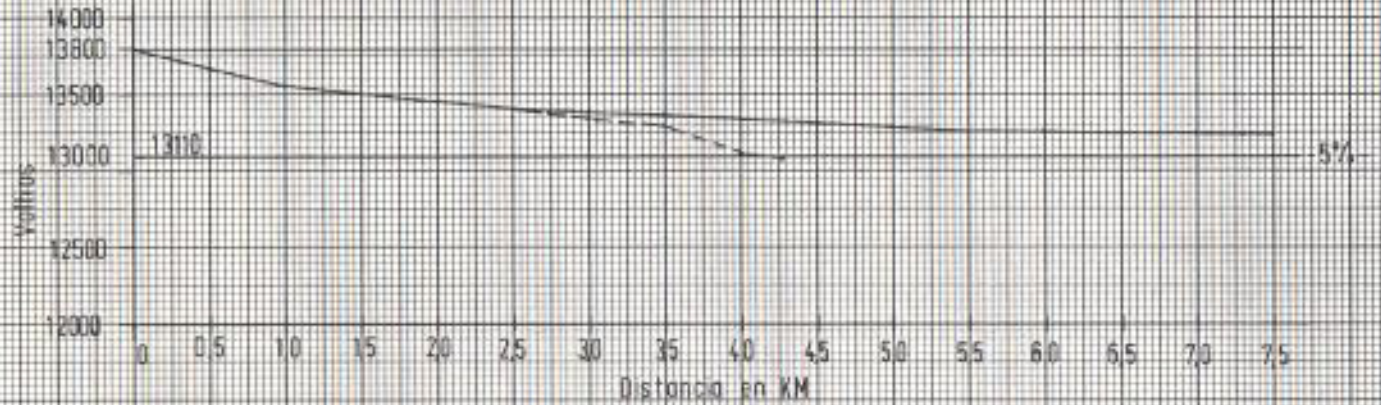
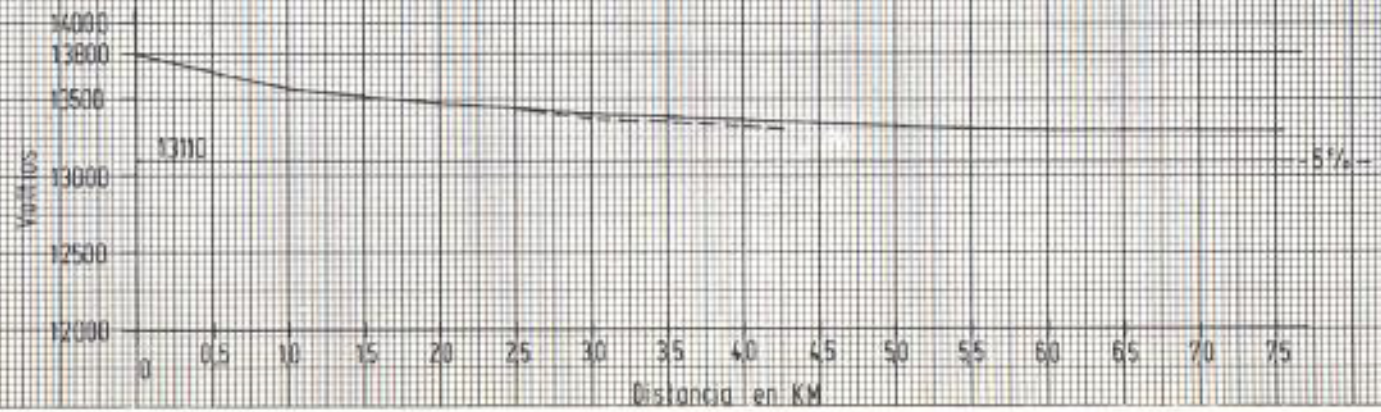


Fig. # 25

Perfil voltaje alimentadora
Perfil voltaje peor ramal

Fig. # 26



3.4.- DETERMINACION DE LAS CAPACIDADES LIMITES DE LA ALIMENTADORA

La capacidad de transporte de carga de una alimentadora está limitada por dos condiciones principales y son:

Límite por caída de voltaje

Límite térmico debido a la corriente

3.4.1.- El límite por caída de voltaje aceptado por la mayoría de las empresas eléctricas es el dél 5%, lo que significa un mínimo de 13.110 voltios en el usuario más alejado eléctricamente de la subestación.

En la tabla # 5, que es un resumen de los resultados obtenidos por medio de la aplicación del programa de computación para calcular los perfiles de voltaje en la alimentadora, tenemos los siguientes valores que son lo suficientemente aproximados como para considerarlos como límites de capacidad de la alimentadora.

Sin capacitores	Voltaje mínimo
Carga = 2.963 KW	
Corriente = 155 Amp.	13.110
Factor de Potencia = 0.8	

Con capacitores propuestos	Voltaje mínimo
Carga = 7.591 KW	
Corriente = 397 Amp.	13.110
Factor de Potencia = 0.99	

Revisando la tabla # 5 vemos que la carga máxima actual de la alimentadora es de 6.596 KW y la carga máxima por límite de caída de voltaje es de 7.591 KW lo que nos indica que queda todavía una capacidad disponible de 1.000 KW.

3.4.2.- El límite térmico por corriente para esta alimentadora sería de 451 amperios considerando que es permitido el 85% de la ampacidad máxima del conductor para líneas aéreas, por razones mecánicas, lo que nos deja 451 amperios de los 530 nominales para conductor 336 MCM ACSR.

De la tabla # 5 obtenemos que la carga máxima aceptable con factor de potencia 0.99 es de 397 amperios que está muy lejos de los 451 amperios que sería el límite térmico, por consiguiente, en este caso, el límite de la capacidad de la alimentadora es el de caída de voltaje.

3.5.- DETERMINACION DEL VOLTAJE MAXIMO Y MINIMO

Para llegar a determinar los voltaje máximo y mínimo que se deben mantener en una alimentadora de distribución en condiciones normales de dperación debemos definir primero los sigtes. términos:

Voltaje nominal: Es el valor designado al voltaje de un circuito o sistema con el propósito de referencia.

TABLA #5

RESUMEN DE RESULTADOS EN EL CALCULO DE PERFILES DE VOLTAJE

Voltaje en Subestación	Capacit. fijos	Capacitores fijos y desconectables	Carga Mínima	Carga Máxima	Amperaje	Factor de Potencia	Voltaje mínimo carga mínima	Voltaje mínimo carga máxima	% Reg.	Pérdidas de energía
13800			3728		195	0,800	12933		6,7	196
13800				6596	345	0,800		12268	12,48	611
14400		3000	3728	6596	195 / 345	0,92	13723	13500	4,93	686
13800			2963		155	0,800	13110		5,0	124
13800		3200		7591	397	0,99		13110	5,0	595
13800	1200		3728		195	0,92	13215		4,42	157
13800		3000		6596	345	0,99		13237	5,42	446

Voltaje de servicio: Es el voltaje medido en los terminales de entrada del usuario. Generalmente el equipo de medición. (Kilovatihorímetro).

Voltaje de utilización: Es el voltaje medido en los terminales de la máquina o equipo eléctrico en operación.

Caída de voltaje: En sistema de distribución, es la diferencia entre el valor del voltaje al arranque de la alimentadora y el voltaje en el punto de utilización.

Variación de voltaje: Es la diferencia entre los voltajes máximo y mínimo en un circuito o sistema.

Regulación de voltaje: Es el porcentaje de caída de voltaje en la alimentadora con referencia al voltaje en el punto de utilización más bajo.

$$\% \text{ regulación} = \frac{100\ (E_s - E_r)}{E_r}$$

donde

E_s = voltaje al arranque de la alimentadora.

E_r = voltaje de utilización más bajo de la alimentadora

La variación de voltaje aceptada por la mayoría de las empresas eléctricas es del 5% arriba y abajo del nominal medidos en el punto de utilización de la alimentadora, o sea, en el lado de alta tensión del transformador de distribución.

Este 5% de caída de voltaje en la alimentadora más la caída de voltaje en el transformador, un 2%, y la caída en el secundario, acometida y alambrado interior del usuario, un 3%, da como total el 10% y sería el voltaje de utilización.

Este voltaje de utilización es aceptado por la totalidad de los equipos y máquinas eléctricas normalmente utilizados en la industria y en las viviendas.

De lo expuesto anteriormente se concluye que los voltajes máximo y mínimo aceptables en la alimentadora serán:

Voltaje máximo	14.490 voltios
Voltaje mínimo	13.110 voltios

3.6.- ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO EN SITUACIONES DE EMERGENCIA

En el análisis del comportamiento de los capacitores shunt en situaciones de emergencia se han de considerar las sigtes. posibles situaciones de emergencia:

1.- Sobrevoltajes.
2.- Pérdidas de carga de la alimentadora.
3.- Pérdidas de 1 o 2 fases de la alimentadora.
4.- Aumento de carga por transferencia de otra alimentadora.

3.6.1.- Sobrevoltajes pueden ocurrir por pérdidas súbitas de carga de la alimentadora, pérdidas súbitas de carga de la subestación, o por subidas de voltaje en el lado de alta tensión de la subestación.

Para la alimentadora 25 de Julio se ha considerado un aumento súbito y sostenido del 5% por un período de una hora o más que es el máximo que permitirían los equipos reguladores de voltaje instalados en la subestación o atrás de ella.

Utilizando el programa de computación preparado para estudiar la aplicación de reactivo estático en el control y regulación de voltaje en circuitos de distribución en esta alimentadora y aplicando un voltaje de aproximadamente el 5% arriba del nominal, tenemos los siguientes resultados:

Voltaje subestación	14.400 voltios
Voltaje mínimo carga máxima	13.237 voltios
Voltaje mínomo carga mínima	13.215 voltios

Ver tabla # 5

Valores que están dentro del rango de voltajes máximo y mínimo para esta alimentadora y que son de:

Voltaje máximo	14.490 voltios
Voltaje mínimo	13.110 voltios

3.6.2.- Pérdida de carga de la alimentadora.

La alimentadora puede perder carga de dos maneras y en dos condiciones:

Pérdida de carga antes del banco de capacitores y que salgan éstos también, si está con carga media o ligera y al perder 1/3 o más quedaría con unos 3.000 KW o menos y el voltaje se mantendría entre sus límites. Si está con carga máxima se podría quedar hasta con 4.000 KW y entonces el voltaje bajaría a un nivel por debajo del mínimo aceptado llegando a aproximadamente 12.900 V y una caída cercana al 6.5% lo que sería una situación inaceptable, aunque por poco tiempo hasta - que se supere la anormalidad.

Pérdida de carga inmediatamente después del banco de capacitores. En este caso, si está con carga máxima pasaría a condición cercana de carga mínima y el nivel de voltaje se mantendría también dentro del margen establecido. Si está con carga mínima, y los capacitores desconectables fuera, el aumento de voltaje debido a los capacitores sería mayor que el necesario y una condición de sobrecompensación podría ocurrir, sin llegar a salirse del límite establecido previamente, puesto que el factor de potencia probablemente pase de la unidad y se adelante, sin llegar el voltaje a sobrepasar el 5% arriba del nominal.

3.6.3.- Pérdidas de una o dos fases de la alimentadora.

Al perder una o dos fases la alimentadora normalmente deben operar los equipos de protección de ésta. De no ocurrir el correcto funcionamiento de la protección podrían darse casos de una subida de voltaje en la fase o fases que queden conectadas. Porque al perderse una o dos fases se perdería el 1/3 o 2/3 de la carga aproximadamente quedando en condición de carga mínima y el voltaje dentro del rango establecido.

3.6.4.- Aumento de carga por transferencia de otra alimentadora.

En ocasiones, por razón de servicio debido a una emergencia, es necesario transferir parte de carga de una alimentadora a otra.

En el caso de la alimentadora 25 de Julio he considerado una transferencia de carga hasta llegar a su límite térmico dado por el conductor 336 MCM ACSR y que es de 451 amperios.

Corriendo el programa con la carga de 451 Amp. y el voltaje nominal de 13.800 voltios se han obtenido los sigtes. resultados:

Voltaje mínimo carga mínima	13.215 voltios
Voltaje mínimo carga máxima	12.544 voltios
Regulación	5.08%
Caída de voltaje total	9.10%

Ver anexo 2

En estas condiciones, que son extremas, tenemos que el voltaje que recibe el último usuario estará por debajo del mínimo tolerable normalemte, pero que se puede soportar por poco tiempo, puesto que este nivel es aceptado en líneas rurales con mayor frecuencia.

3.7.- INVESTIGACION DE METODO ALTERNATIVO DE REGULACION

Hay varios métodos de mejorar la regulación del voltaje a lo largo de un sistema de distribución. Algunos métodos suben el voltaje al principio de la alimentadora de distribución cuando la carga aumenta, reduciendo de este modo el promedio de la diferencia de voltaje entre carga mínima y máxima para todos los consumidores conectados a la alimentadora. Otros métodos disminuyen la impedancia entre las barras de la alimentadora y la carga, reduciendo de esta manera la caída de voltaje. También, la corriente de carga puede ser reducida, y en esta forma reducir la caída de voltaje.

Equipo regulador de voltaje puede también ser aplicado a lo largo de la alimentadora donde el voltaje sea muy bajo o muy alto.

Varios de los métodos para mejorar la regulación de

voltaje a lo largo de un sistema de distribución están enumerados a continuación y cada uno tiene sus características concernientes a la cantidad de voltaje mejorado, costo por voltio de mejora y flexibilidad.

1.- Por medio de reguladores de voltaje del generador.
2.- Aplicación de equipo regulador de voltaje en la subestación.
3.- Aplicación de capacitores en la subestación.
4.- Balanceando cargas en las alimentadoras.
5.- Aumentando el calibre del conductor de la alimentadora.
6.- Cambiando secciones de la alimentadora de monofásicas a trifásicas.
7.- Transfiriendo cargas a otras alimentadoras.
8.- Instalando nuevas subestaciones y nuevas alimentadoras.
9.- Subiendo el nivel de voltaje en el primario.
10.- Aplicando reguladores de voltaje a lo largo de la alimentadora.
11.- Aplicando capacitores en serie a lo largo de la alimentadora.

La selección de cuál método o métodos es el más aplicable y cuál regulador de voltaje es el mejor a usarse depende del sistema en particular o del problema involucrado.

No hay una regla definida para seleccionar el mejor método. El tamaño del sistema, tipo de carga servida, ubicación del equipo existente, magnitud de la corrección de voltaje necesaria, área servida, expansión futura del sistema y crecimiento de la carga son los factores que se deben considerar en el estudio.

3.7.1.- Por medio de los reguladores de voltaje del generador Variando el voltaje en la barra del generador según varían las condiciones de carga cambiando el campo del generador se presenta como el método más económico para regular el voltaje.

Esto es aplicable sólo en donde el generador alimenta directamente al sistema de distribución.

En sistemas grandes, multibarras, se usa sólamente para mantener el voltaje en barra deseado para condiciones de carga predominante y flujo de reactivo requerido.

3.7.2.- Aplicación de equipo regulador de voltaje en la Subestación.
Los equipos reguladores de voltaje en la subestación pueden ser cambiadores de derivación bajo carga, regulador de voltaje en la barra de la subestación, capacitores desconectables en la barra de bajo voltaje o reguladores de voltaje separados para cada alimentadora.

Sin los equipos de regulación de voltaje en la subestación, la caída de voltaje en la línea de alimentación a ésta es transferido a las alimentadoras de distribución.

La regulación en la subestación permite una mayor estabilización del voltaje en la alimentadora y una mayor capacidad de carga. El máximo voltaje permitido estará limitado por el del usuario más cercano.

Los cambiadores de derivación bajo carga más populares son los de 32 etapas y 10% de regulación arriba y abajo, cada etapa representa 5/8% de cambio de voltaje. Su tamaño varía normalmente alrededor de 1500 KVA para subestaciones de 15000 KVA o menos, por lo cual son equipos grandes y se puede considerar su instalación tan compleja como la del transformador mismo de la subestación, puesto que hay que instalar todo el equipo de protección, transferencia y mantenimiento similar al de transformador de la subestación.

La regulación de voltaje en la subestación tiene las sigtes. desventajas que pueden influir decisivamente al escoger el método para regular el voltaje de un sistema, y éstos son:

1.- Equipos grandes con una inversión muy alta.
2.- Se requieren unidades de emergencia instaladas para un caso de falla de equipo.

3.- El ciclo de carga de la alimentadoras debe ser similar para poder efectuar una adecuada regulación de voltaje.

4.- Las alimentadoras deben estar balanceadas para evitar una incorrecta información a los controles.

5.- No corrigen la excesiva caída de voltaje en la alimentadora, sólamente mantienen el voltaje en barra para cualquier condición de carga.

La instalación de reguladores de voltaje exclusivas para cada alimentadora que sale de una subestación es una práctica frecuente.

Se utilizan normalmente cambiadores de derivación bajo carga automáticos y 10% arriba y abajo del voltaje nominal y 32 etapas.

Estos equipos a más de que mantienen el voltaje dentro de los límites preestablecidos con cambios de carga, también lo mantienen con variaciones de voltaje del lado de alta de la subestación.

3.7.3.- Aplicación de capacitores en la Subestación.

Se usan capacitores desconectables para regulación de voltaje en la subestación cuando incluyen equipo de desconección automático.

Los tamaños comunes de bancos de capacitores para subestación son de arriba de 6000 KVAR y la cantidad de KVAR a cambiar en cada etapa depende directamente de su aplicación en particular, aceptándose generalmente un cambio en el voltaje del 2 o 3% aunque se podría llegar a un 5%.

3.7.4.- Balanceando cargas en las alimentadoras.

Una alimentadora con carga muy desbalanceada tendrá una pobre regulación de voltaje y los equipos instalados en la subestación se pueden sobrecargar excesivamente durante el período de carga máxima e inclusive a baja carga. Esto hace necesario balancear la carga en la alimentadora seleccionando áreas servidas por una fase y que tengan un tipo de carga similar.

Realizar este trabajo requiere modificar circuitos de alta tensión, aumentar ramales, transferir cargas a otras alimentadoras.

Este método no disminuye la caída de voltaje en la alimentadora la cual es debida a su carga misma.

3.7.5.- Aumentando el calibre del conductor en la alimentadora.

Al aumentar el calibre del conductor disminuye la impedancia de la línea y por consiguiente disminuye la caída de voltaje con una misma carga.

Este método es uno de los más costosos para mejorar la regulación de voltaje de una alimentadora, y sólo se justifica si es que hay un plan de crecimiento de carga en el área.

3.7.6.- Cambiando secciones de la alimentadora de monofásica a trifásica.

Una alimentadora tiene, normalmente, algunos ramales monofásicos los cuales producen una caída de voltaje tanto en el conductor de fase como en su retorno.

Al cambiar a trifásica un ramal de la alimentadora la caída de voltaje se reduce a 1/3 aproximadamente de la caída con una sola fase, permitiendo un considerable aumento de carga en la línea y mejorando la regulación de voltaje en el sector.

Este método es muy costoso y se justifica si es que hay programas de expansion futuras. Además no varía la caída de voltaje total en la alimentadora.

3.7.7.- Transfiriendo cargas a otras alimentadoras.

Al transferir cargas a otras alimentadoras la corriente de línea disminuirá y por consiguiente su caída de voltaje.

3.7.8.- Instalando nuevas subestaciones y nuevas alimentadoras.

Una nueva subestación o la división de una alimentadora

en dos o más va a dividir la carga y a mejorar los niveles de voltaje en la alimentadora.

La instalación de nuevas subestaciones y creación de nuevas alimentadoras o la transferencia de carga a otras alimentadoras no se hace específicamente para mejorar el voltaje sino que es parte de un plan integral de desarrollo en el área. De no ser así, significaría que muy pronto habría que pensar en un programa de racionamiento.

3.7.9.- Subiendo el nivel de voltaje en el primario.

Cuando se cambia el nivel de voltaje de la alimentadora manteniendo la misma carga la corriente de línea de la alimentadora cambiará en razón inversa al del cambio de voltaje, y la regulación cambiará con el cuadrado del cambio de voltaje.

Por ejemplo, cambiando de un sistema delta tres hilos a estrella cuatro hilos el voltaje se multiplica por raíz de tres (3), reduciendo la caída de voltaje a 1/3.

Este método es también costoso si se lo emplea sólo para mejorar el voltaje. Pero puede ser parte de un plan general de desarrollo en el área.

3.7.10.- Aplicando reguladores de voltaje a lo largo de la alimentadora.

Los reguladores de voltaje instalados a lo largo de la alimentadora corrigen la excesiva caída de voltaje y mejoran el nivel de voltaje de servicio.

Estos equipos se instalan en un punto de la alimentadora donde el voltaje baja a menos del mínimo permitido en período de carga alta.

También se puede aplicar reguladores en serie, pero el límite térmico y las pérdidas de línea limitan su número generalmente a dos.

Los reguladores no corrigen el factor de potencia y por consiguiente no disminuyen la corriente de línea ni tampoco disminuyen las pérdidas de potencia, sino que, al aumentar el voltaje mas bien las aumenta.

Se utilizan reguladores monofásicos y se necesitan tres, uno para cada fase, lo que hace su instalación costosa.

3.7.11.- Instalando capacitores en serie a lo largo de la alimentadora.

Al instalar capacitores enserie en una alimentadora se modifica la reactancia de la línea disminuyendo según el tamaño del banco, y en consecuencia disminuye la caída de voltaje en la alimentadora. La subida de voltaje

producida por el capacitor en serie es proporcional a la corriente de carga, y por consiguiente proporciona un aumento de voltaje en la línea instantáneamente al aumentar la carga en la misma.

Este método es el menos usado como regulador de voltaje debido al comportamiento de los capacitores en serie en ciertas aplicaciones que han causado problemas insolubles, involucrando problemas de resonancia. Por lo cual el costo de los capacitores serie más el costo de los equipos de protección hacen más costoso que aplicar reguladores o capacitores shunt.

3.8.- ASPECTO ECONOMICO

Para analizar desde el punto de vista económico los resultados obtenidos con la aplicación de capacitores a la alimentadora 25 de Julio de la ciudad de Guayaquil tenemos que considerar los siguientes aspectos principales:

1.- Reducción de pérdidas de energía.
2.- Aumento de facturación por aumento de voltaje.
3.- Capacidad liberada en líneas de distribución, transformadores, subestación, transmisión, etc.
4.- Costo de instalación de capacitores.
5.- Evaluación de costos y beneficios.

Aunque los valores de los costos de los equipos eléctricos varían periódicamente y con los volúmenes con los que se están tratando es más difícil todavía, intentaré cuantificar a enero de 1985.

3.8.1.- REDUCCION DE PERDIDAS DE ENERGIA

Como uno de los efectos beneficiosos de la aplicación de capacitores es la reducción de la corriente total para una misma potencia efectiva, tenemos que para la alimentadora 25 de Julio la reducción de pérdidas justifica plenamente los costos de la instalación de capacitores.

De la tabla # 5 tenemos que:

Pérdidas a carga mínima sin capacitores	196 KW
Pérdidas a carga mínima con capacitores fijos	157 KW
Disminución de pérdidas	39 KW

Pérdidas a carga máxima sin capacitores	611 KW
Pérdidas a carga máxima con capacitores fijos y desconectables	446 KW
Disminución de pérdidas	165 KW

Y el promedio de disminución de pérdidas sería:

$$\text{Promedio} = \frac{39 + 165}{2} = 102 \text{ KW}$$

Lo que nos daría un promedio de disminución de pérdidas de energía de:

$$102 \times 8.760 = 893.520 \text{ KWHR/año}$$

Si el promedio de venta de KWHR es de S/. 2.80 nos daría un ahorro anual de:

$$893.520 \times 2.80 = \text{S/. } 2'501.856 \text{ por año}$$

3.8.2.- AUMENTO EN LA FACTURACION POR AUMENTO DEL VOLTAJE

Al aumentar el voltaje de servicio a nivel del usuario aumenta proporcionalmente los KW utilizados por el cliente.

Utilizando la ecuación 30 y los datos de la tabla # 5 podemos obtener los siguientes resultados:

Promedio caída de voltaje sin capacitores:

$$\frac{1}{2}(12.48 + 6.70) = 9.59\%$$

Promedio caída de voltaje con capacitores:

$$\frac{1}{2}(5.42 + 4.42) = 4.92\%$$

Promedio subida de voltaje:

$$9.59 - 4.92 = 4.67\%$$

Promedio de carga:

$$\frac{1}{2}(6596 + 3728) = 5162 \text{ KW}$$

Aplicando la ecuación 30

$$KW = 0.5\ E$$

Y expresando en KWHR anuales tendríamos:

KWHR = 8760 x 0.5 x 0.0467 x 5162

= 1'055.866 KWHR

Considerando el promedio de venta de S/. 2.80 por KWHR nos daría un beneficio anual de:

S/.=1'055.866 x 2.80

= S/. 2'956.425 por año.

3.8.3.- CAPACIDAD LIBERADA EN LINEAS DE DISTRIBUCION, TRANSFORMADORES SUBESTACION, TRANSMISION, ETC.

La instalación de capacitores disminuye la corriente de línea, por consiguiente, todos los equipos utilizados para producir y transportar la corriente se ven liberados de una parte de la carga, lo que se podría aprovechar para transportar más KW, frente a la alternativa de aumentar generación, líneas de transmisión, subestaciones, alimentadoras, etc.

De datos proporcionados por EMELEC, muy generales por cierto, se estima en unos S/. 60.000,oo por KW las instalaciones totales desde generación hasta el transformador de distribución.

La tabla # 5 nos indica que, manteniendo el voltaje dentro de los límites, es decir, un 5% de caída como máximo, la capacidad de la alimentadora es de 2963 KW

sin capacitores, al añadir 3000 KVAR en capacitores la capacidad aumenta a 7591 KW, por lo tanto la capacidad liberada a las instalaciones es de 4628 KW.

Si aceptamos el costo de S/. 60.000,oo por KW a nivel de usuario lo prorrateamos en 10 años tendríamos los siguientes valores:

Costo anual = 60.000 x 4628 x 0.1 = S/. 27'768.000,oo

Que es el ahorro por diferir la inversión.

3.8.4.- COSTO DE INSTALACION DE CAPACITORES

Con datos proporcionados por EMELEC se ha determinado que el costo del capacitor más el costo de la instalación es de aproximadamente S/. 1.200 por KVAR que incluyen pararrayos, portafusibles, control, etc.

Tenemos que para los 3000 KVAR de capacitores calculados que se necesitan para controlar y regular el voltaje en la alimentadora 25 de Julio su costo total sería de:

Costo total = 3000 x 1.200 = S/. 3'600.000,oo

3.8.5.- EVALUACION DE COSTOS Y BENEFICIOS

Haciendo un resumen de los aspectos económicos de los cuatro artículos anteriores podemos llegar a los si-

guientes resultados:

Beneficios obtenidos anualmente

Reducción de pérdidas de energía	S/. 2'501.856,oo
Aumento enfacturación por aumento de voltaje	" 2'956.425,oo
Capacidad liberada en equipos (1)	" 27'768.000,oo
Beneficios totales al año	S/.33'226.281,oo
Costo por instalación de capacitores	S/. 3'600.000,oo

Balance:	Beneficios:	S/. 33'226.281,oo
	Costos:	" 3'600.000,oo
	Beneficio Total	S/. 29'626.281,oo

Cifra que es muy significativa para la operación económica del sistema y que justifica plenamente la instalación de capacitores en alimentadoras de distribución.

(1) Este valor representa lo que habría que invertir en equipos para producir y transportar la capacidad liberada por los capacitores y que se pagarían en 10 años.

C A P I T U L O 4

ESTUDIO DE LOS EFECTOS SECUNDARIOS EN EL CIRCUITO ANTERIOR

Los efectos secundarios de la instalación de capacitores shunt en una alimentadora se manifiestan en la siguiente forma:

1.- Interferencia telefónica.

2.- Efectos sobre la estabilidad del sistema.

3.- Problemas de resonancia.

4.- Sobrevoltajes.

Se ha tratado de observar y cuantificar estos efectos secundarios en el área influenciada por alimentadora 25 de Julio y debido a sus mínimos valores o a la ausencia de ellos los resultados son mayoritariamente especulativos.

4.1.- INTERFERENCIA TELEFONICA

La interferencia telefónica se produce por el efecto inductivo en las líneas telefónicas debido a las corrientes armónicas en el circuito de potencia y un

banco de capacitores conectado en estrella y aterrizado ofrece un camino de baja impedancia a las corrientes armónicas aumentando la circulación de estas corrientes y sus voltajes generados.

En el área que está servida por la alimentadora 25 de Julio la cantidad de líneas telefónicas es tan insignificante que realmente no se pudo hacer una investigación acerca de la interferencia telefónica ocasionada por la instalación de capacitores.

Además, los capacitores serían instalados en un solo banco en una sola estación, donde no hay teléfonos, por lo cual, cuando se lleguen a instalar líneas telefónicas en el sector, el problema se manifestaría, de producirse, en su mínima expresión.

4.2.- EFECTO SOBRE LA ESTABILIDAD DEL SISTEMA

La estabilidad de un sistema eléctrico de potencia depende del factor de potencia. Con la aplicación de 3000 KVAR en la alimentadora 25 de Julio se mantiene un factor de potencia entre 0.92 y 0.99 y se podría pensar que se podría presentar algún problema relacionado con la estabilidad del sistema. Pero si hacemos las siguientes consideraciones veremos que realmente la posibilidad de llegar a una situación de inestabilidad es muy remota.

En primer lugar la alimentadora 25 de Julio sale de una subestación de la cual salen además otras séis alimentadoras que suman unos 30000 KVA de los cuales apenas 1/6 los toma la 25 de Julio, por consiguiente, el efecto sobre la subestación es pequeño, además, la subestación es una de tantas subestaciones que tiene el sistema Guayaquil, por lo cual su efecto será minimizado en tantas veces cuantas subestaciones hayan.

En segundo lugar las modernas unidades generadoras están diseñadas para trabajar a un factor de potencia de 0.95 sin problemas.

De lo antedicho podemos concluir que el efecto sobre la estabilidad del sistema será insignificante.

4.3.- PROBLEMAS DE RESONANCIA

Los problemas de resonancia pueden presentarse bajo dos condiciones principalmente:
Circuitos con transformadores monofásicos de distribución y circuitos con transformadores trifásicos de distribución. En cuanto a éstos no son empleados en ningún punto de la alimentadora 25 de Julio.

En los circuitos con transformadores monofásicos de distribución se presentan fenómenos de resonancia cuan

do el circuito es de cuatro hilos y multiaterrizado con bancos de capacitores sin aterrizar. Este no es el caso, puesto que la conección propuesta de los bancos, tanto el fijo como el desconectable, será en estrella con el neutro aterrizado, por lo cual no habrá resonancia.

La otra posibilidad es el monofaseo al perder una o dos fases la alimentadora, pero este caso está normalmente prevenido por los equipos de protección del sistema.

4.4.- SOBREVOLTAJES

Sobrevoltajes debidos a la instalación de capacitores en una alimentadora de distribución pueden ser por resonancia o por monofaseo.

Los sobrevoltajes resonantes pueden evitarse al aterrizar los bancos de capacitores o cambiándolos de lugar previo un análisis del problema específico y determinar de qué manera se alteran la relación de las reactancias del circuito con el banco de capacitores.

El monofaseo se evita usando desconectadores trifásicos.

C A P I T U L O 5

ELABORACION DE UN PROGRAMA DE COMPUTADORA PARA MECANIZAR LA APLICACION DE CAPACITORES A CIRCUITOS DE ALTA TENSION

El programa usado en este estudio consta, básicamente, de dos partes. La primera parte calcula las caídas de voltaje y las pérdidas de potencia de la alimentadora en tramos de estación a estación empleando el método "Voltios-amperios-ohmios". La segunda parte del programa calcula la capacidad necesaria en capacitores y determina su ubicación usando un algoritmo preestablecido.

Para el cálculo de las caídas de voltaje se parte de la ecuación general:

$$E_{rn} = E_{sn} - (IR \cos\theta_s + I_x \operatorname{sen} \theta_s) \qquad (40)$$

donde

E_{sn} = Voltaje línea neutro en la fuente.

E_{rn} = Voltaje línea neutro en la carga.

θ = Angulo del factor de potencia de la fuente.

I = Corriente de línea.

R = Resistencia en ohmios de una línea.

X = Reactancia en ohmios de una línea.

Como la caída de voltaje está definida en porcentaje, tenemos, sumando ecuaciones 2 y 3:

$$\% \text{ Caída de voltaje} = \frac{(E_s - E_r)100}{E_r}$$

$$= \frac{KVA\ (R \cos \theta_s + X \operatorname{sen} \theta_s)}{10\ (KV)^2} \qquad (41)$$

Para un sistema trifásico.

Esta fórmula se usa para circuitos trifásicos de tres hilos y cargas trifásicas, y para este estudio se han agrupado los transformadores, que en su mayoría son monofásicos, simulando bancos trifásicos.

Para las líneas monofásicas de uno y dos hilos con neutro multiaterrizado se toma en cuenta una impedancia de retorno equivalente. Y las fórmulas para calcular la caída de voltaje en este tipo de alimentadora son:

Para dos fases y neutro

$$\% \text{ E 2 } \phi_n = \frac{KVA}{10(KV)^2} \left\{ r_L \cos(30+\theta_L) + X_L \operatorname{sen}(30+\theta_L) + \sqrt{3} \left[r_R \cos(60+\theta_L) + X_{sn} \operatorname{sen}(60+\theta_L) \right] \right\} \qquad (42)$$

y para una fase y neutro

$$\% \text{ E } \phi_n = \frac{KVA}{10(KV)^2} \left\{ 3 \left[(r_L + r_R) \cos \theta_L + (X_L + X_{sn}) \operatorname{sen} \theta_L \right] \right\} \qquad (43)$$

donde

$\%\ E\ 2\ \phi_n$ = Porcentaje de caída de voltaje para dos fases a neutro.

$\%\ E\ \phi_n$ = Porcentaje de caída de voltaje para una fase a neutro.

r_L = Resistencia de secuencia positiva del conductor fase.

r_A = Resistencia de retorno del circuito.

X_L = Reactancia de secuencia positiva del conductor fase.

X_{sn} = Reactancia equivalente del neutro.

θ_L = Angulo del factor de potencia.

KVA = KVA del circuito.

KV = Voltaje línea a línea en kilovoltios.

Los valores de la resistencia y reactancia empleados en las fórmulas 41, 42 y 43 tanto de línea como de retorno son tomados de tablas en ohmios/mil pies y luego convertidos a ohmios/Km. Debiendo señalarse que los valores de las resistencias y reactancias usados en las fórmulas de caída de voltaje para los casos de 2 fases y una fase, aunque están indicados como valores de secuencia positiva, son, lógicamente, los mismos que en simetría usados para calcular caídas de voltaje en circuitos trifásicos.

Para el cálculo de las pérdidas se usan sólamente las

pérdidas de potencia activa. La razón es que éstas son las computables, empleando la siguiente fórmula para sistemas trifásicos:

$$\% \text{ pérdidas de línea} = \frac{\% \text{ ER}}{Z \cos\theta_L} \qquad (44)$$

donde

R = resistencia de la alimentadora.

$Z = R \cos \theta_L + X \operatorname{sen} \theta_L$

Para 2 fases y neutro, tenemos:

$$\% \text{ pérdidas de línea 2 } \phi_n = \frac{KVA}{10(KV)^2} \left[\frac{2r_L}{3 \cos \theta_L} + \frac{r_s}{\cos \theta_L} \right] \qquad (45)$$

Para 1 fase y neutro

$$\% \text{ pérdidas de línea } \phi_n = \frac{KVA}{10(KV)^2} \times \frac{3(r_L + r_s)}{\cos \theta} \qquad (46)$$

Las ecuaciones 41 a 46 tanto para el cálculo de la caída de voltaje como para el cálculo de pérdidas de potencia están en función del factor de potencia.

Para los cálculos anteriores los parámetros necesarios son los medidos en la subestación y éstos son corriente de línea a máxima carga y a mínima carga, voltaje en las barras y factor de potencia a la subida de la subestación.

Como es imposible obtener las cargas individuales de cada estación así como su factor de potencia respectivo. Se prorratean las corrientes a cada estación, con ésto, obligadamente, designamos el mismo factor de potencia a cada una de las estaciones y no varían los valores medidos en la subestación.

Para el cálculo de la capacidad necesaria y la ubicación óptima de los capacitores dentro de la alimentadora, se usa el método general para alimentadoras con cargas concentradas empleado para la obtención de máxima reducción de pérdidas deducida del cálculo de la ubicación óptima de capacitores en alimentadoras con cargas uniformemente distribuídas y que dice: Que la ubicación óptima de capacitores puede ser expresada por la ecuación tomada del ahorro en pérdidas de porcentaje debido a la instalación de capacitores y que es:

% ahorro de pérdidas por la instalación de capacitores en circuitos con cargas uniformemente distribuídas $= 3\,a\left(\frac{CKVA}{KVAR_t}\right)\left(2 - a - \frac{CKVA}{KVAR_t}\right)100$ (47)

donde

a = Localización del banco de capacitores en p.u.

CKVA = Tamaño del banco de capacitores.

$KVAR_t$ = KVAR totales atrasados del circuito antes de instalarse capacitores.

En esta fórmula se ve que la máxima reducción de pérdidas se obtiene cuando el banco de capacitores está ubicado en el punto donde la corriente del capacitor es el 200% o menos que la corriente reactiva del sistema.

Para el estudio de la alimentadora 25 de Julio se aplica el mismo criterio de estación a estación en forma iterativa y acumulativa para la totalidad de la alimentadora hasta obtener la ubicación óptima dentro de la totalidad de la alimentadora.

Para el uso del programa se han usado los siguientes datos:

Cantidades medidas suministradas por EMELEC

Voltaje máximo en barras	13800 voltios
Voltaje mínimo en barras	13800 voltios
Corriente carga máxima	345 Amp.
Corriente carga mínima	195 Amp.
Factor de potencia	0.8 atras.

Parámetros obtenidos en el campo

Distancias entre estaciones	Ver plano A - 1
Tipos de conductores usados	336 MCM ACSR y # 2 AWG ACSR
Neutro equivalente	# 4/0 AWG y # 2 AWG

Parámetros calculados

Resistencia de cable 336 MCM ACSR	= 0.0526	/1000pies
Reactancia cable 336 MCM ACSR	= 0.0843	/1000pies
Resistencia equivalente 4/0 AWG	= 0.0284	/1000pies
Reactancia equivalente 4/0 AWG	= 0.0684	/1000 pies
Resistencia cable # 2 AWG ACSR	= 0.0448	/1000pies
Reactancia cable # 2 AWG ACSR	= 0.0945	/1000pies
Factor de carga	= 0.59	
Número de estaciones	= 225	

Valores obtenidos

Potencia máxima

Potencia mínima

Capacidad instalada en KVA

Factor de potencia

Factor de pérdidas

Pérdidas de potencia en KW

Pérdidas de potencia en %

Voltaje mínimo a carga mínima

Voltaje mínimo a carga máxima

Capacidad de bancos de capacitores fijos

Capacidad de bancos de capacitores desconectables

Ubicación de bancos fijos y desconectables

% de regulación de voltaje

Estos resultados obtenidos por medio de la computadora están enlistados en el anexo 2 y su resumen en la tabla # 5.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- CONCLUSIONES

Después de analizar los resultados obtenidos por medio de la computadora de los cálculos de los perfiles de voltaje a lo largo de la alimentadora 25 de Julio en distintas condiciones de carga, voltaje, factor de potencia, y cuyo resumen está tabulado en la tabla # 5 y en las figs. # 23, 24, 25 y 26 podemos llegar a las siguientes conclusiones:

1.- La alimentadora es muy larga.

2.- La alimentadora tiene muchos ramales monofásicos.

3.- Los ramales monofásicos son muy largos.

1.1.- ALIMENTADORA MUY LARGA

El recorrido total de la alimentadora es de 7.5 Kms. en su línea principal y su capacidad está limitada por la caída de voltaje al extremo de la misma o de su peor ramal, como nos demuestra el artículo 3.4.1,

y que es de 155 amperios, si comparamos este amperaje con los 451 amperios que es el límite térmico del conductor de la alimentadora vemos que alcanza al 34% de su capacidad.

1.2.- ALIMENTADORA CON MUCHOS RAMALES MONOFASICOS

En su recorrido, la alimentadora tiene un gran número de ramificaciones, las cuales todas son monofásicas y con conductor # 2 ACSR, las cuales aumentan la caída de voltaje, puesto que la caída de voltaje en un sistema monofásico multiaterrizado es de aproximadamente tres veces la caída de voltaje en un sistema trifásico.

1.3.- RAMALES MONOFASICOS MUY LARGOS

Los ramales que salen de la alimentadora primaria tienen un recorrido muy largo que llega hasta los dos kilómetros en su ramal principal además que tienen subramales de hasta 0.5 Km, y éstos derivaciones de hasta 0.3 Km. como se puede apreciar en el anexo 1, haciendo que el voltaje caiga rápidamente como se puede ver en los perfiles de voltaje demostrados en las figs. # 23 y 24 en las cuales se ve la súbita caída del voltaje en su peor ramal que es el 300.

2.- RECOMENDACIONES

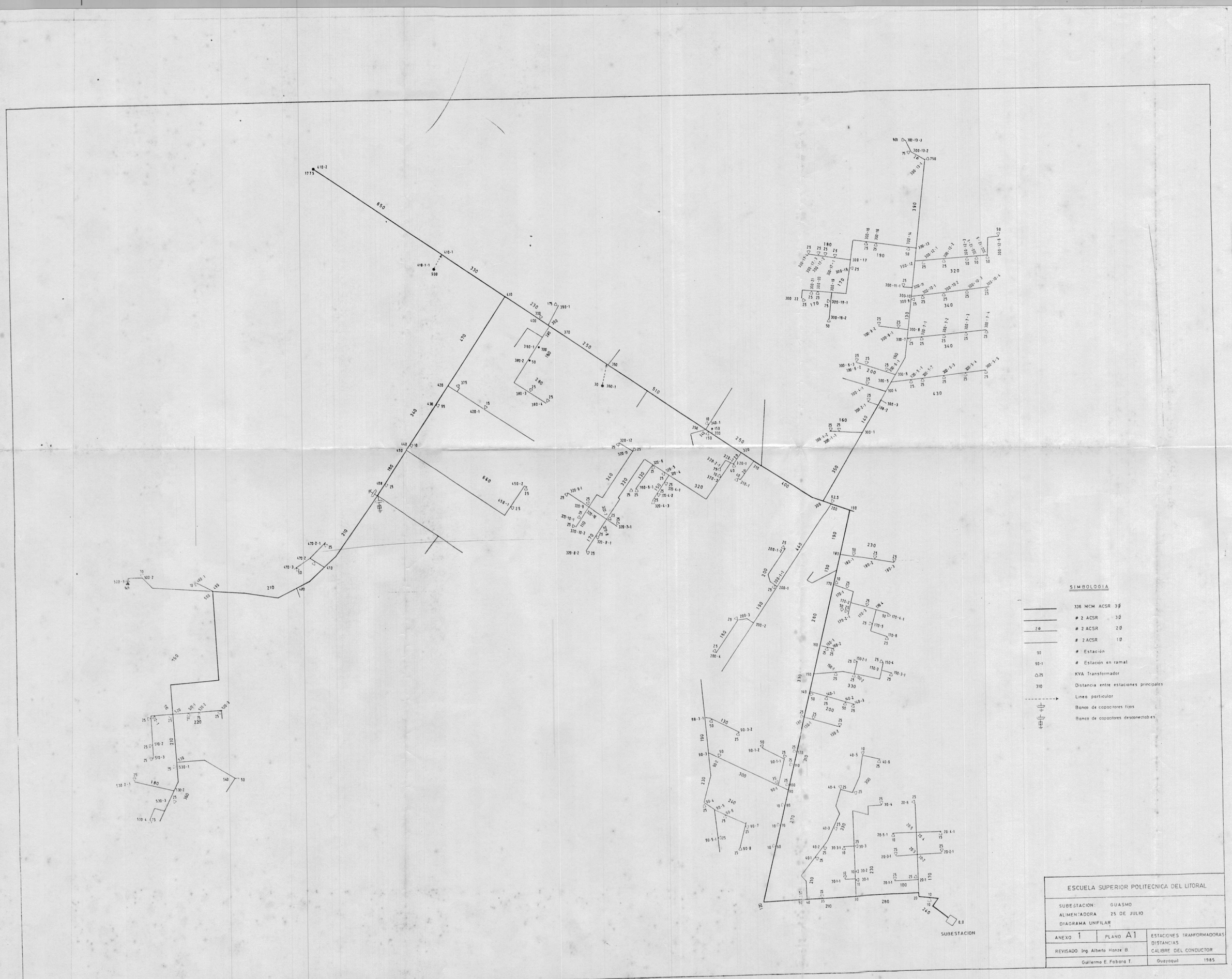
Después de analizar los resultados obtenidos por medio de la computadora y enlistados en el anexo 2 me atrevo a hacer las siguientes recomendaciones:

1.- Cambiar a trifásico todo el ramal 300.

2.- Completar a trifásico toda la alimentadora desde la estación 410 hasta la 530.

3.- Instalar 3000 KVAR en capacitores shunt en la estación 460 compuestos de dos bancos: 1200 KVAR fijos y 1800 KVAR desconectables controlados por mandos sensibles al voltaje.

4.- Hacer pruebas de voltaje tomando mediciones en diferentes condiciones de carga, analizar los resultados, y preveer una posible reubicación de los bancos de capacitores, utilizando el programa de computación preparado para este estudio.



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

SUBESTACION: GUASMO
ALIMENTADORA 25 DE JULIO
DIAGRAMA UNIFILAR

ANEXO 1	PLANO A1	ESTACIONES TRANFORMADORAS DISTANCIAS CALIBRE DEL CONDUCTOR
REVISADO: Ing. Alberto Honze B.		
Guillermo E. Fabara T.		Guayaquil 1985

D-6571
FARABA

A N E X O 1

P L A N O A 1 ALIMENTADORA 25 DE JULIO

E S T A C I O N E S T R A N S F O R M A D O R A S

D I S T A N C I A S

C A L I B R E D E C O N D U C T O R E S

A N E X O 2

PROGRAMA GENERAL PARA EL CALCULO DE LOS PERFILES DE VOLTAJE Y REGULACION DE TENSION DE UN SISTEMA RADIAL DE POTENCIA UTILIZANDO BANCOS DE CAPACITORES SHUNT

DATOS PARA CALCULAR LOS PERFILES DE VOLTAJE Y TAMAÑO DE CAPACITORES

RESULTADOS OBTENIDOS CON LA COMPUTADORA DE LOS PERFILES DE VOLTAJE DE LA ALIMENTADORA 25 DE JULIO CON DIFERENTES CONDICIONES DE CARGA Y VOLTAJE

CALCULO DE PERDIDAS DE POTENCIA

CALCULO DE LA REGULACION

PROGRAMA GENERAL PARA CALCULO DE LOS PERFILES DE VOLTAJE Y REGULACION DE TENSION DE UN SISTEMA RADIAL DE POTENCIA UTILIZANDO BANCOS DE CAPACITORES SHUNT

```
C
C       ************************************************
C       ************************************************
C       * *                                          * *
C       * * ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL * *
C       * *                                          * *
C       * *     FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA     * *
C       * *                                          * *
C       ************************************************
C       ************************************************
C
C   ********************************************************************
C   ********************************************************************
C
C                          P E R A
C
C   ********************************************************************
C   ********************************************************************

C
C   PROGRAMA GENERAL PARA EL CALCULO DE LOS PERFILES DE VOLTAJE Y
C   REGULACION DE TENSION DE UN SISTEMA RADIAL DE POTENCIA
C   UTILIZANDO BANCOS DE CAPACITORES SHUNT
C   ********************************************************************
C   ********************************************************************
C
C   ESTE PROGRAMA SIRVE PARA OBTENER RESULTADOS DE ALIMENTADORAS
C                        EXISTENTES
C   ********************************************************************
C   ********************************************************************
C
C   EL PROGRAMA PERMITE 250 ESTACIONES COMO MAXIMO,
C     25 RAMALES Y 5 SUBRAMALES
C   ********************************************************************
C   ********************************************************************
C
C   LAS VARIABLES QUE SE USAN SON LAS SIGUIENTES
C   ********************************************************************
C
C   VOLTAJE BASE=BASE
C   VOLTAJE EFECTIVO=VSUB
C   FACTOR DE POTENCIA CARGA MINIMA=FACPO
C   FACTOR DE UTILIZACION=FACUT
C   UNIDADES DE DISTANCIA=UNDI
C   FACTOR DE DISTANCIA=DFAC
C   VOLTAJE DE LA ALIMENTADORA=VALM
C   TIPO DE CONDUCTOR=CNDNO
C   FACTOR DE CAIDA=FCAID
C   NUMERO DE TIPOS DE CONDUCTORES=NOFCN
C   CUANTAS ESTACIONES=NOEST
C   NUMERO DE CADA ESTACION=EST
C   TIPO DE CONDUCTOR DE CADA ESTACION=CND
C   TIPO DE CARGA DE CADA ESTACION CARGA MINIMA=TIPO
C   CARGA MINIMA DE CADA ESTACION=CARGA
C   DISTANCIA ENTRE CADA ESTACION Y LA ANTERIOR=DIST
C   EL NIVEL DE CADA ESTACION=NIVEL
C   LA DISTANCIA ENTRE CADA ESTACION Y LA SUBESTACION=DSUB
C   LA CARGA TOTAL DESPUES DE CADA ESTACION=TCARG
C   LA PERDIDA DE VOLTAJE EN CADA ESTACION=CAIDA
C   LA CAIDA DE VOLTAJE ENTRE CADA ESTACION Y LA SUBESTACION=CDSUB
```

```
C   EL VOLTAJE EN CADA ESTACION=VOLTS
C   RESISTENCIA=RES
C   REACTANCIA=XEQ
C   CORRIENTE MAXIMA MEDIDA EN ALIMENTADORA=AIMAX
C   CORRIENTE ACTIVA=CORR1
C   CORRIENTE REACTIVA=CORR2
C   DISTANCIA DEL BANCO A LA SUBESTACION=DICAP
C   CAPACIDAD DEL BANCO=CAPA
C   NUMERO DE BANCOS DE CAPACITORES=NUCAP
C   CARGA MAXIMA DE CADA ESTACION=CARGL
C   PRIMERA ESTACION EN CADA RAMAL=PRIM
C   ULTIMA ESTACION EN CADA RAMAL=ULTIM
C   REGULACION EN CADA ESTACION=REGUL
C   FACTOR DE PERDIDAS=FACPE
C   FACTOR DE CARGA=FACCA
C   FACTOR DE RELACION ENTRE CARGA MINIMA Y CARGA
C   MAXIMA=FMIMAX
C   PORCENTAJE DE REGULACION DESEADO=PORCE
C   FACTOR DE POTENCIA CARGA MAXIMA=FACPL
C   TIPO DE CARGA EN CADA ESTACION CARGA MAXIMA=TIPOL
C   NUMERO DE RAMALES=NRAM
C   FACTOR DE CRECIMIENTO DE DEMANDA=FDEMA
C
C   ***************************************************************************
C   ***************************************************************************
C
      COMMON /NOEST/ NOEST
      COMMON /NO/ NO
      COMMON /FACUT/ FACUT
      COMMON /VSUB/ VSUB
      COMMON /YMIN/ YMIN
      COMMON /IMIN/ IMIN
      COMMON /YMAX/ YMAX
      COMMON /IMAX/ IMAX
      COMMON /VSUBL/ VSUBL
      COMMON /FACPL/ FACPL
      COMMON /FACPO/ FACPO
      COMMON /FPMIN/ FPMIN
      COMMON /FPMAX/ FPMAX
      COMMON /PALMIN/ PALMIN
      COMMON /IESMIN/ IESMIN
      COMMON /IESMAX/ IESMAX
      COMMON /PALMAX/ PALMAX
      COMMON /FACPE/ FACPE
      COMMON /AIMIN/ AIMIN
      COMMON /AIMAX/ AIMAX
      COMMON /CATCK/ CATCK
      COMMON /FACCA/ FACCA
      COMMON /FMIMAX/ FMIMAX
      COMMON /UNDI/ UNDI
      COMMON /BASE/ BASE
      COMMON /PORCE/ PORCE
      COMMON /FDEMA/ FDEMA
      COMMON /CKVAR/ CKVAR
      COMMON /NUCAT/ NUCAT
      COMMON /RNEU/ RNEU(20)
      COMMON /XNEU/ XNEU(20)
      COMMON /RES/ RES(20)
      COMMON /XEQ/ XEQ(20)
      COMMON /CND/ CND(250)
```

```
      COMMON /CAP/ CAP(250)
      COMMON /TIPOL/ TIPOL(250)
      COMMON /ARRAY/ ARRAY(100)
      COMMON /CARGL/ CARGL(250)
      COMMON /NFASE/ NFASE(250)
      COMMON /TIPO/ TIPO(250)
      COMMON /CARGA/ CARGA(250)
      COMMON /DIST/ DIST(250)
      COMMON /NRAM/ NRAM(25,7)
      COMMON /EST/ EST(250,7)
      COMMON /NUCAP/ NUCAP(25,7,25)
      COMMON /ULTIM/ ULTIM(25,7,25)
      COMMON /PRIM/ PRIM(25,7,25)
      COMMON /NUME/ NUME(25,7,25,25)
      COMMON /DICAP/ DICAP(25,7,25,25)
      INTEGER*2 EST,CND,TIPO,PRIM,ULTIM,NUCAP,CNDNO(20),TIPOL
      CHARACTER*10 A(2)
C
C
C  SE LEERAN DATOS BASICOS COMO
C  ****************************************************************
C  PRIMERO, LOS FACTORES QUE SON NECESARIOS
C  ****************************************************************
C
      READ(4,1) A(1),A(2)
1     FORMAT(A10/A10)
      READ(4,*) B
C
C  ****************************************************************
C  SEGUNDO, DATOS DE VOLTAJE
C  ****************************************************************
C
      IF(B.EQ.4.16)THEN
      READ(2,*)FACUT,FACUL,PORCE,FACDI
      READ(4,*)FACPO,FACPL,FACCA,FMIMAX,FDEMA
      READ(2,*)BASE,VALM
      READ(4,*)VSUB,VSUBL
      READ(4,*)AIMIN,AIMAX
      READ(2,*)DFAC
      READ(2,510)UNDI
      READ(2,*)NOFCN
      DO 9 I=1,NOFCN
      READ(2,*)CNDNO(I),RES(I),XEQ(I),RNEU(I),XNEU(I)
9     CONTINUE
      GO TO 3
      ENDIF
      READ(3,*)FACUT,FACUL,PORCE,FACDI
      READ(4,*)FACPO,FACPL,FACCA,FMIMAX,FDEMA
      READ(3,*)BASE,VALM
      READ(4,*)VSUB,VSUBL
      READ(4,*)AIMIN,AIMAX
      READ(3,*)DFAC
      READ(3,510)UNDI
      READ(3,*)NOFCN
      DO 10 I=1,NOFCN
      READ(3,*)CNDNO(I),RES(I),XEQ(I),RNEU(I),XNEU(I)
10    CONTINUE
      FPMIN=FACPO
      FPMAX=FACPL
3     WRITE(6,2) A(1),A(2)
```

```
2     FORMAT(1H1////,15X,' SUBESTACION ( ',A10,' )',5X,'ALIMENTADORA (
     +,A10,' ) '/16X,58('*')/////)
      WRITE(6,506)BASE
      WRITE(6,556)VALM
      WRITE(6,533)VSUB
      WRITE(6,553)VSUBL
      WRITE(6,537)FDEMA
C
C  ***************************************************************
C  TERCERO, DATOS DE DISTANCIA
C  ***************************************************************
C  SE LEERAN DATOS SOBRE LOS CONDUCTORES
C  SE PERMITIRAN VEINTE TIPOS DE CONDUCTORES COMO MAXIMO
C  SE ORDENARAN LOS CONDUCTORES LLAMANDO A LA SUBRUTINA ORDR1
C
      CALL ORDEN1(NOFCN,CNDNO)
C
C  LEEREMOS LOS DATOS DE CADA ESTACION
C  PARA CADA ESTACION DEBEMOS SABER EL NUMERO DE LA ESTACION,EL TIPO D
C  CONDUCTOR,TIPO DE ESTACION. SI ES UNA CARGA(1),CARGA+CAPACITOR(2),
C
      READ(4,*)NOEST
      WRITE(6,514)NOEST
      DO 15 I=1,NOEST
      READ(4,*)(EST(I,M),M=1,7),CND(I),TIPO(I),CARGA(I),DIST(I),
     +TIPOL(I),CARGL(I),NFASE(I),CAP(I)
15    CONTINUE
      IPAGE=10
      CA=0.
      CAK=0.
      PALMIN=(1.732*AIMIN*VSUB*FACPC/1000.)*FDEMA
      PALMAX=(1.732*AIMAX*VSUBL*FACPL/1000.)*FDEMA
      DO 1001 I=1,NOEST
      CA=CA+CARGA(I)
      CAK=CAK+CAP(I)
      CAT=CA
      CATCK=CAK
1001  CONTINUE
      DO 1002 I=1,NOEST
      CARGL(I)=PALMAX*CARGA(I)/CAT
      CARGA(I)=PALMIN*CARGA(I)/CAT
1002  CONTINUE
      WRITE(6,507) CAT
      WRITE(6,509) CATCK
      WRITE(6,5071)AIMIN
      WRITE(6,5072)AIMAX
      WRITE(6,508)PALMIN
      WRITE(6,558)PALMAX
C
C  ***************************************************************
C  SE ORDENARAN LAS ESTACIONES EN ORDEN DESCENDENTE LLAMANDO A LA
C  SUBRUTINA ORDR2
C  ***************************************************************
C
      CALL ORDEN2
C
C  ***************************************************************
C  SE DETERMINARAN LOS NIVELES DE CADA ESTACION
C  ***************************************************************
```

```
C
      CALL LEVEL
C
C  ********************************************************************
C  SE CALCULARAN LAS DISTANCIAS ENTRE CADA ESTACION Y LA SUBESTACION
C  ********************************************************************
C
      CALL FARWAY
      CALL BRANCH
      TCAPA=0.
C
C  ********************************************************************
C  INICIALIZAMOS NUMERO TOTAL DE BANCOS
C  ********************************************************************
C
      NUCAT=0
      NO=1
      WRITE(6,522)
C
C  ********************************************************************
C  SE CALCULARAN LAS CARGAS TOTALES DESPUES DE CADA ESTACION
C  ********************************************************************
C
600   CALL LOADS
C
C  ********************************************************************
C  SE DETERMINARA LA CAIDA DE VOLTAJE EN CADA ESTACION,LA CAIDA
C  ENTRE CADA ESTACION Y LA SUBESTACION, EL VOLTAJE EN CADA ESTACION
C  Y LA REGULACION DE VOLTAJE EN CADA ESTACION
C  ********************************************************************
C
      CALL POLI(NOFCN,DFAC,VALM,TCAPA)
      CALL REGULA
C
C  ********************************************************************
C  SE ESCRIBIRAN LOS DATOS
C  ********************************************************************
C
      CALL OUPUT1(BASE,NO)
C      CALL CONSTN
C
C      CALL CAPNUM
      IF(NUCAT.EQ.0)GO TO 551
C      CALL OPTIM(TCAPA)
C      CALL OVER
C
C      CALL LOADS
C      CALL POLI(NOFCN,DFAC,VALM,TCAPA)
C      CALL REGULA
C      CALL OUTPUT(NUMAT,NO)
      IF(NO.NE.1) GO TO 700
C ********************************************************************
C  CALCULO PARA CARGA MAXIMA, NO=2
C ********************************************************************
551   NO=NO+1
      WRITE(6,521)
C
C  ********************************************************************
C  SE INTERCAMBIARA LOS VALORES PARA CARGA MAXIMA
C  ********************************************************************
```

```
C
      CALL CHANGE(FACPL,NUMAT,FACUL)
      GO TO 600
700   STOP
506   FORMAT(19X,' VOLTAJE DE SUBESTACION                    =',F9.2//)
556   FORMAT(19X,' VOLTAJE DE ALIMENTADORA                   =',F9.2//)
533   FORMAT(19X,' VOLTAJE DE CARGA MINIMA                   =',F9.2//)
553   FORMAT(19X,' VOLTAJE DE CARGA MAXIMA                   =',F9.2//)
537   FORMAT(19X,' FACTOR DE DEMANDA                         =',F9.2//)
507   FORMAT(19X,' CAPACIDAD INSTALADA EN KVA                =',F9.2//)
5071  FORMAT(19X,' CORRIENTE A MINIMA CARGA EN AMPERIOS      =',F9.2//)
5072  FORMAT(19X,' CORRIENTE A MAXIMA CARGA EN AMPERIOS      =',F9.2//)
508   FORMAT(19X,' POTENCIA MINIMA CALCULADA EN Kw           =',F9.2//)
558   FORMAT(19X,' POTENCIA MAXIMA CALCULADA EN Kw           =',F9.2//)
509   FORMAT(19X,' CAPACIDAD INSTALADA EN'/19X,' CAPACITORES EN LA ALI
     +NTADORA'/19X,' EN KVAR                                  =',F9.2//)
514   FORMAT(19X,' NUMERO DE ESTACIONES                       =',3X,I3//)
510   FORMAT(A2)
522   FORMAT(1H1//10X,' RESULTADOS DE PERFILES DE VOLTAJE PARA CARGA M
     +IMA '/10X,53('*')/10X,53('*')//)
521   FORMAT(1H1//10X,' RESULTADOS DE PERFILES DE VOLTAJE PARA CARGA M
     +IMA '/10X,53('*')/10X,53('*')//)
      END
C
C  ********************************************************************
      SUBROUTINE ORDEN1(NOFCN,CNDNO)
C  ********************************************************************
C
C
C  ********************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA ORDENARA LOS DATOS DE LOS CONDUCTORES EN
C  ORDEN ASCENDENTE SEGUN EL NUMERO DE CONDUCTOR
C  ********************************************************************
C
      COMMON /RES/ RES(20)
      COMMON /XEQ/ XEQ(20)
      COMMON /RNEU/ RNEU(20)
      COMMON /XNEU/ XNEU(20)
      INTEGER*2 CNDNO(20),T1
      N1=NOFCN-1
      DO 20 I=1,N1
      M=CNDNO(I)
      K=I+1
      DO 20 J=K,NOFCN
      IF(M.LE.CNDNO(J)) GO TO 20
      T1=CNDNO(J)
      T3=RES(J)
      T4=XEQ(J)
      T5=RNEU(J)
      T6=XNEU(J)
      CNDNO(J)=M
      RES(J)=RES(I)
      XEQ(J)=XEQ(I)
      RNEU(J)=RNEU(I)
      XNEU(J)=XNEU(I)
      CNDNO(I)=T1
      M=T1
      RES(I)=T3
      XEQ(I)=T4
      RNEU(I)=T5
```

```
      XNEU(I)=T6
20    CONTINUE
      RETURN
      END
C
C  ***********************************************************************
      SUBROUTINE ORDEN2
C  ***********************************************************************
C
C
C  ***********************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA ORDENARA LOS DATOS DE LAS ESTACIONES
C   EN ORDEN DESCENDENTE,SEGUN LOS NUMEROS DE LAS ESTACIONES
C  ***********************************************************************
C
      COMMON /NOEST/ NOEST
      COMMON /TIPOL/ TIPOL(250)
      COMMON /CARGL/ CARGL(250)
      COMMON /NFASE/ NFASE(250)
      COMMON /CND/ CND(250)
      COMMON /CAP/ CAP(250)
      COMMON /TIPO/ TIPO(250)
      COMMON /CARGA/ CARGA(250)
      COMMON /DIST/ DIST(250)
      COMMON /EST/ EST(250,7)
      INTEGER*2 EST,CND,TIPO,TIPOL
      K=NOEST-1
      DO 150 I=1,K
      I1=I+1
      DO 150 J1=I1,NOEST
      DO 110 L=1,7
      IF(EST(I,L)-EST(J1,L)) 100,110,150
110   CONTINUE
100   DO 145 LIT=1,7
      INT=EST(I,LIT)
      EST(I,LIT)=EST(J1,LIT)
      EST(J1,LIT)=INT
145   CONTINUE
      IN1=CND(I)
      IN2=TIPO(I)
      IN3=TIPOL(I)
      T3=CARGL(I)
      T1=CARGA(I)
      T2=DIST(I)
      NF=NFASE(I)
      CP=CAP(I)
      CND(I)=CND(J1)
      TIPO(I)=TIPO(J1)
      CARGA(I)=CARGA(J1)
      DIST(I)=DIST(J1)
      TIPOL(I)=TIPOL(J1)
      CARGL(I)=CARGL(J1)
      NFASE(I)=NFASE(J1)
      CAP(I)=CAP(J1)
      CND(J1)=IN1
      TIPO(J1)=IN2
      TIPOL(J1)=IN3
      CARGA(J1)=T1
      CARGL(J1)=T3
      DIST(J1)=T2
```

```
      NFASE(J1)=NF
      CAP(J1)=CP
150   CONTINUE
      RETURN
      END
C
C ***************************************************************
      SUBROUTINE LEVEL
C ***************************************************************
C
C
C ***************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA CALCULA EL NIVEL DE CADA ESTACION
C ***************************************************************
C
      COMMON /NOEST/ NOEST
      COMMON /NIVEL/ NIVEL(250)
      COMMON /EST/ EST(250,7)
      INTEGER*2 EST,CND,TIPO
      DO 120 I=1,NOEST
      DO 100 J=2,6
      K=J-1
      IF(EST(I,J)) 100,110,100
100   CONTINUE
      K=J
110   NIVEL(I)=K
120   CONTINUE
      RETURN
      END
C
C ***************************************************************
      SUBROUTINE FARWAY
C ***************************************************************
C
C
C ***************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA CALCULARA LAS DISTANCIAS ENTRE CADA
C  ESTACION Y LA SUBESTACION
C ***************************************************************
C
      COMMON /NCEST/ NOEST
      COMMON /DIST/ DIST(250)
      COMMON /NIVEL/ NIVEL(250)
      COMMON /DSUB/ DSUB(250)
      DO 120 I=1,NOEST
      DS=0.
      NIV=NIVEL(I)
      DO 110 J=I,NOEST
      IF(NIV-NIVEL(J)) 110,100,100
100   NIV=NIVEL(J)
      DS=DS+DIST(J)
110   CONTINUE
      DSUB(I)=DS
120   CONTINUE
      RETURN
      END
C
C ***************************************************************
      SUBROUTINE LOADS
C ***************************************************************
```

```
C
C
C ***************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA CALCULARA LA CARGA TOTAL CONECTADA EN CADA ESTACION
C ***************************************************************
C
      COMMON /NCEST/ NCEST
      COMMON /TIPO/ TIPO(250)
      COMMON /CARGA/ CARGA(250)
      COMMON /NIVEL/ NIVEL(250)
      COMMON /TCARG/ TCARG(250)
      COMMON /EST/ EST(250,7)
      INTEGER*2 EST,TIPO
      DO 130 I=1,NCEST
      TC=0.
      DO 120 J=1,I
      IF(NIVEL(J)-NIVEL(I)) 120,140,100
140   IF(NIVEL(I).EQ.1) GO TO 105
100   DO 150 K=1,NIVEL(I)-1
      IF(EST(J,K).NE.EST(I,K)) GO TO 120
150   CONTINUE
105   KK=TIPO(J)
      GO TO(110,110,120),KK
110   TC=TC+CARGA(J)
120   CONTINUE
      TCARG(I)=TC
130   CONTINUE
      RETURN
      END
C
C ***************************************************************
      SUBROUTINE POLI(NOFCN,DFAC,VALM,TCAPA)
C ***************************************************************
C
C
C ***************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA CALCULARA
C  PRIMERO, LAS CAIDAS DE VOLTAJE ENTRE ESTACIONES
C  SEGUNDO, LA CAIDA DE VOLTAJE ENTRE CADA ESTACION Y LA SUBESTACION
C  TERCERO, EL VOLTAJE EN CADA ESTACION
C ***************************************************************
C
      COMMON /NCEST/ NCEST
      COMMON /FACUT/ FACUT
      COMMON /VSUB/ VSUB
      COMMON /FACPO/ FACPO
      COMMON /FPMIN/ FPMIN
      COMMON /FACCA/ FACCA
      COMMON /FACPE/ FACPE
      COMMON /CKVAR/ CKVAR
      COMMON /PKVAR/ PKVAR
      COMMON /REST/ REST(250)
      COMMON /XEQT/ XEQT(250)
      COMMON /RNEU/ RNEU(20)
      COMMON /XNEU/ XNEU(20)
      COMMON /RES/ RES(20)
      COMMON /XEQ/ XEQ(20)
      COMMON /CND/ CND(250)
      COMMON /DIST/ DIST(250)
      COMMON /NFASE/ NFASE(250)
```

```
      COMMON /NIVEL/ NIVEL(250)
      COMMON /TCARG/ TCARG(250)
      COMMON /CAIDA/ CAIDA(250)
      COMMON /CDSUB/ CDSUB(250)
      COMMON /VCLTS/ VCLTS(250)
      COMMON /CORR2/ CORR2(250)
      COMMON /CORR1/ CORR1(250)
      COMMON /CORRI/ CORRI(250)
      COMMON /PDSUB/ PDSUB(250)
      DIMENSION FCAID(250),SDSUB(250),RESP(250),FPER(250),PPERD(250)
      INTEGER*2 CND
C
      PKW=TCARG(NDEST)
      PKVAR=SQRT(1.-FACPD**2)*PKW/FACPD
      CKVAR=TCAPA
      PKVAR=PKVAR-CKVAR
      IF(PKVAR.LT.0.) GO TO 200
      PKVA=SQRT(PKW**2+PKVAR**2)
      FACPD=PKW/PKVA
      FACPE=(FACCA**2)*(FACPD**2)+FACCA*(SQRT(1.-FACPD**2)**2)
      QVALM=(VSUB/1000.)**2
      DO 1000 KJI=1,NDEST
      IF(NFASE(KJI).EQ.1)THEN
      IJK=CND(KJI)
      REST(KJI)=3*(RES(IJK)+RNEU(IJK))
      XEQT(KJI)=3*(XEQ(IJK)+0.18005+XNEU(IJK))
      RESP(KJI)=3*(RES(IJK)+RNEU(IJK))/FACPD
      GO TO 1000
      ENDIF
      IF(NFASE(KJI).EQ.2)THEN
      IJK=CND(KJI)
      REST(KJI)=(1.732*RES(IJK)+1.732*RNEU(IJK)+(XEQ(IJK)+0.18005)+3*X
     +U(IJK))/2
      XEQT(KJI)=(1.732*(XEQ(IJK)+0.18005)+1.732*XNEU(IJK)-RES(IJK)-3*R
     +U(IJK))/2
      RESP(KJI)=(2*RES(IJK)+3*RNEU(IJK))/(3*FACPD)
      GO TO 1000
      ENDIF
      IJK=CND(KJI)
      REST(KJI)=RES(IJK)
      XEQT(KJI)=(XEQ(IJK)+0.18005)
      RESP(KJI)=RES(IJK)
1000  CONTINUE
      DO 50 N=1,NDEST
      FCAID(N)=REST(N)*FACPD+(XEQT(N)*SQRT(1.-FACPD**2))
      FPER(N)=RESP(N)
50    CONTINUE
      DO 120 I=1,NDEST
      DO 100 J=1,NDEST
      K=J
      IF(I.EQ.J) GO TO 100
      IF(NIVEL(I).GE.NIVEL(J)) GO TO 110
100   CONTINUE
110   AKVA=TCARG(I)*FACLT/(10.*QVALM*FACPD)
      CORRI(I)=(TCARG(I)/(1.732*VSUB*FPMIN))*1000.
      CORR1(I)=CORRI(I)*FACPD
      CORR2(I)=CORRI(I)*SQRT(1.-FACPD**2)
      CAIDA(I)=DIST(I)*FCAID(I)*AKVA*DFAC/FACPD
      PPERD(I)=DIST(I)*AKVA*DFAC*FPER(I)/(FACPD*FACPE)
120   CONTINUE
```

```
      DO 150 I=1,NOEST
      PS=0.
      CS=0.
      SC=0.
      NIV=NIVEL(I)
      DO 140 J=I,NOEST
      IF(NIV.LT.NIVEL(J)) GO TO 140
      NIV=NIVEL(J)
      PS=PS+PPERD(J)*TCARG(J)/100.
      SC=SC+CAIDA(J)
      CS=CS+CAIDA(J)*VSUB/100.
140   CONTINUE
      PDSUB(I)=PS
      CDSUB(I)=SC
      SDSUB(I)=CS
      VOLTS(I)=VSUB-SDSUB(I)
150   CONTINUE
200   RETURN
      END
C
C *****************************************************************
      SUBROUTINE OUPUT1(BASE,NO)
C *****************************************************************
C
C
C *****************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA IMPRIME LOS RESULTADOS ANTES DE UBICAR
C                    CAPACITORES
C *****************************************************************
C
      COMMON /UNDI/ UNDI
      COMMON /NCEST/ NOEST
      COMMON /FACUT/ FACUT
      COMMON /FACPO/ FACPO
      COMMON /INDIC/ INDIC
      COMMON /PALMIN/ PALMIN
      COMMON /NOCAT/ NOCAT
      COMMON /REGVO/ REGVO
      COMMON /YMIN/ YMIN
      COMMON /YMAX/ YMAX
      COMMON /IESMIN/ IESMIN
      COMMON /IESMAX/ IESMAX
      COMMON /DIST/ DIST(250)
      COMMON /DSUB/ DSUB(250)
      COMMON /CAIDA/ CAIDA(250)
      COMMON /CDSUB/ CDSUB(250)
      COMMON /VOLTS/ VOLTS(250)
      COMMON /CORRI/ CORRI(250)
      COMMON /PDSUB/ PDSUB(250)
      COMMON /EST/ EST(250,7)
      INTEGER*2 EST
C
      WRITE(6,200) FACPO,FACUT,BASE
      IF(NO.EQ.2) GO TO 600
      WRITE(6,610)
      GO TO 700
600   IF(NOCAT.NE.0) GO TO 630
      WRITE(6,620)
      GO TO 700
630   WRITE(6,650)
```

```
700    WRITE(6,220)UNDI
       IPAGE=15
       DO 300 I=1,NOEST
       N=NOEST+1-I
       IPAGE=IPAGE+1
       IF(IPAGE.LT.50)GOTO 2003
       WRITE(6,2650)UNDI
2650   FORMAT(1H1,//10X,'NUMERO DE LA',6X,'DIST. A  LA',3X,'CAIDA A LA'
      +3X,'VOLTAJE EN LA',3X,'AMPERAJE'/12X,'ESTACION',8X,'SUBESTACION'
      +,3X,'SUBESTACION',5X,'ESTACION'/31X,'(',A2,')',9X,'(O/O)',9X,'(V
      +TS)'/)
       IPAGE=0
2003   WRITE(6,330)I,(EST(N,M),M=1,4),DSUB(N),CDSUB(N),VOLTS(N),CORRI(N
300    CONTINUE
       WRITE(6,3311)
3311   FORMAT(1H1////10X'RESUMEN'/10X,'*******'/////)
       WRITE(6,331)PDSUB(1)
       PPOT=100.*PDSUB(1)/PALMIN
       WRITE(6,332) PPOT
       WRITE(6,11)YMIN,IESMIN
       IF(NO.EQ.2) GO TO 400
       GO TO 500
400    WRITE(6,333)REGVO
       WRITE(6,12)YMAX,IESMAX
       IF(NOCAT.NE.0) GO TO 500
       GO TO 500
500    INDIC=1
       RETURN
11     FORMAT(//10X,' VOLTAJE MINIMO '/10X,' A CARGA MINIMA
      +            =',F9.3/10X,' EN ESTACION NO.
      +',I3,/)
12     FORMAT(//10X,' VOLTAJE MINIMO '/10X,' A CARGA MAXIMA
      +            =',F9.3/10X,' EN ESTACION NO.
      +',I3,/)
200    FORMAT(1H ,19X,'FACTOR DE POTENCIA       =',F9.2//20X,'FACTOR DE
      +TILIZACION    =',F9.2//20X,'VOLTAJE BASE              =',F9.2,3X,
      +'KLTIOS'//)
220    FORMAT(10X,'NUMERO DE LA',6X,'DIST. A  LA',3X,'CAIDA A LA',3X,
      +'VOLTAJE EN LA',3X,'AMPERAJE'/12X,'ESTACION',8X,'SUBESTACION'
      +,3X,'SUBESTACION',5X,'ESTACION'/31X,'(',A2,')',
      +9X,'(O/O)',9X,'(VOLTS)'//)
330    FORMAT(4X,I3,3X,I3,3('-',I3),4X,F6.2,7X,F7.3,7X,F8.2,8X,F6.2)
331    FORMAT(//10X,' PERDIDA DE POTENCIA EN Kw                 = ',1X,F8.
332    FORMAT(/10X,' PERDIDA DE POTENCIA EN PORCENTAJE      =',1X,F8.2)
333    FORMAT(/10X,' EL PORCENTAJE DE REGULACION ES           ', F9.5)
610    FORMAT(//10X,' RESULTADOS ANTES DE UBICAR BANCOS DE CAPACITORES
      +JOS '/11X,54('*')//)
620    FORMAT(//10X,' RESULTADOS SIN CAPACITORES FIJOS-ANTES DE UBICAR
      +PACITORES DESCONECTABLES '/11X,75('*')//)
650    FORMAT(//10X,' RESULTADOS CON CAPACITORES FIJOS-ANTES DE UBICAR
      +PACITORES DESCONECTABLES '/11X,75('*')//)
       END
C
C ***************************************************************
       SUBROUTINE CHANGE(FACPL,NUMAT,FACUL)
C ***************************************************************
C
C
C ***************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA INTERCAMBIARA LOS VALORES DE CARGA MINIMA Y CARGA
```

```
C  MAXIMA
C ***************************************************************
C
      COMMON /NCEST/ NCEST
      COMMON /FACUT/ FACUT
      COMMON /FACPC/ FACPC
      COMMON /FPMIN/ FPMIN
      COMMON /FPMAX/ FPMAX
      COMMON /VSUB/ VSUB
      COMMON /VSUBL/ VSUBL
      COMMON /PALMIN/ PALMIN
      COMMON /PALMAX/ PALMAX
      COMMON /NUCAT/ NUCAT
      COMMON /TIPCL/ TIPCL(250)
      COMMON /CARGL/ CARGL(250)
      COMMON /TIPC/ TIPC(250)
      COMMON /CARGA/ CARGA(250)
      INTEGER*2 TIPC,TIPCL
C
      VSUB=VSUBL
      FACPC=FACPL
      FPMIN=FPMAX
      FACUT=FACUL
      PALMIN=PALMAX
      DO 400 IT=1,NCEST
      CARGA(IT)=CARGL(IT)
      KK=TIPC(IT)
      GO TO(390,400,380),KK
380   KJ=TIPCL(IT)
      GO TO(370,370,400),KJ
370   TIPC(IT)=2
      GO TO 400
390   TIPC(IT)=TIPCL(IT)
400   CONTINUE
      NUMAT=NUCAT
      RETURN
      END
C
C ***************************************************************
      SUBROUTINE REGULA
C ***************************************************************
C
C
C ***************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA CALCULA LA REGULACION DE VOLTAJE EXISTENTE
C    EN LA ESTACION MAS ALEJADA A LA SUBESTACION
C ***************************************************************
C
C
      COMMON /VOLTS/ VOLTS(250)
      COMMON /NCEST/ NCEST
      COMMON /NC/ NC
      COMMON /YMIN/ YMIN
      COMMON /IMIN/ IMIN
      COMMON /IESMIN/ IESMIN
      COMMON /IMAX/ IMAX
      COMMON /YMAX/ YMAX
      COMMON /IESMAX/ IESMAX
      COMMON /REGVO/ REGVO
C
```

```
      IF(NO.NE.1) GO TO 150
      IMIN=1
      YMIN=VOLTS(IMIN)
      DO 100 I=1,NOEST
      IF(VOLTS(I).LT.YMIN) THEN
      YMIN=VOLTS(I)
      IMIN=I
      ENDIF
100   CONTINUE
      IESMIN=NOEST-IMIN+1
      GO TO 250
150   IMAX=1
      YMAX=VOLTS(IMAX)
      DO 200 I=1,NOEST
      IF(VOLTS(I).LT.YMAX) THEN
      YMAX=VOLTS(I)
      IMAX=I
      ENDIF
200   CONTINUE
      IESMAX=NOEST-IMAX+1
      REGVO=ABS((YMIN-YMAX)/YMIN)*100.
250   RETURN
      END
C
C *****************************************************************
      SUBROUTINE BRANCH
C *****************************************************************
C
C
C *****************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA DETERMINARA
C  PRIMERO, EL NUMERO DE RAMALES DEL SISTEMA
C  SEGUNDO, LA PRIMERA Y LA ULTIMA ESTACION EN CADA RAMAL
C *****************************************************************
C
      COMMON /NOEST/ NOEST
      COMMON /NIVEL/ NIVEL(250)
      COMMON /NRAM/ NRAM(25,7)
      COMMON /PRIM/ PRIM(25,7,25)
      COMMON /ULTIM/ ULTIM(25,7,25)
      DIMENSION NPR(25),NUL(25)
      INTEGER*2 PRIM,ULTIM
C
      DO 5000 I=1,25
      DO 5000 J=1,6
      NRAM(I,J)=0
5000  CONTINUE
      N=0
      N1=1
      DO 50 I=1,NOEST-1
      IF(NIVEL(I).GE.NIVEL(I+1)) GO TO 50
      IF(NIVEL(I).NE.1) GO TO 50
      N=N+1
50    CONTINUE
      NRAM(1,1)=N
      IF(NRAM(1,1).GT.25) THEN
      WRITE(5,*) ' EXCEDE LA MEMORIA'
      WRITE(7,*) ' EXCEDE LA MEMORIA'
      WRITE(5,*) ' NRAM(1,1) = ',NRAM(1,1)
      GO TO 1010
```

```
      ENDIF
      NK=NRAM(1,1)
      DO 60 K=2,6
      DO 70 J=1,NK
      N=0
      DO 80 I=N1,NDEST-1
      IF(NIVEL(I).LE.(K-1)) GO TO 80
      IF(NIVEL(I).LE.NIVEL(I+1)) GO TO 80
      IF(NIVEL(I).GT.(K+1)) GO TO 80
      IF(NIVEL(I+1).EQ.(K-1)) GO TO 81
      N=N+1
80    CONTINUE
81    NRAM(J,K)=N
      IF(NRAM(J,K).GT.25) THEN
      WRITE(5,*) ' EXCEDE LA MEMORIA'
      WRITE(7,*) ' EXCEDE LA MEMORIA'
      WRITE(5,*) ' NRAM(I,J) = ', NRAM(I,J)
      GO TO 1010
      ENDIF
      N1=I+1
70    CONTINUE
      KN=NK
      NK=0
      DO 90 NN=1,KN
      NK=NK+NRAM(NN,K)
90    CONTINUE
      N1=1
60    CONTINUE
      NRAM(1,1)=NRAM(1,1)+1
      NK= NRAM(1,1)
      PRIM(1,1,1)=NDEST
      ULTIM(1,1,1)=1
      N2=2
      DO 100 J=1,6
      N1=2
      DO 200 I=1,NK
      IF(NRAM(I,J).EQ.0) GO TO 200
      IF(I.EQ.J) THEN
      IF(I.EQ.1) GO TO 1000
      GO TO 1100
      ENDIF
1100  N2=1
1000  DO 300 K=N2,NRAM(I,J)
      DO 400 L=N1,NDEST-1
      IF(NIVEL(L).EQ.(J+1)) THEN
      IF(NIVEL(L-1).GT.J) GO TO 400
      GO TO 450
      ENDIF
      IF(NIVEL(L).EQ.J) THEN
      IF(NIVEL(L-1).NE.(J+1)) GO TO 400
      GO TO 455
      ENDIF
      GO TO 400
450   ULTIM(I,J,K)=L
400   CONTINUE
455   PRIM(I,J,K)=L
      N1=L+1
300   CONTINUE
200   CONTINUE
      KN=NK
```

```
      NK=0
      DO 105 NN=1,KN
      NK=NK+NRAM(NN,J)
105   CONTINUE
100   CONTINUE
1010  RETURN
      END
C *****************************************************************
      SUBROUTINE CAPNUM
C *****************************************************************
C
C
C *****************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA DETERMINARA EL NUMERO DE BANCOS DE CAPACITORES
C *****************************************************************
C
      COMMON /FACPE/ FACPE
      COMMON /FACCA/ FACCA
      COMMON /PORCE/ PORCE
      COMMON /NUCAT/ NUCAT
      COMMON /NRAM/ NRAM(25,7)
      COMMON /NUCAP/ NUCAP(25,7,25)
      COMMON /PRXI/ PRXI(25,7,25)
      COMMON /E2/ E2(25,7,25)
      COMMON /DD2/ DD2(25,7,25)
      INTEGER*2 NUCAP
C
      NK=NRAM(1,1)
      NUCAT=0
      DO 100 J=1,6
      DO 200 I=1,NK
      IF(NRAM(I,J).EQ.0) GO TO 200
      DO 300 N=1,NRAM(I,J)
      IF(PORCE.GE.DD2(I,J,N)) GO TO 15
      DO 400 M=1,25
      IF(NUCAT.GT.25)GO TO 100
      IF(NUCAP(I,J,N).GT.25)GO TO 100
      NUCAP(I,J,N)=M
      NUCAT=NUCAT+NUCAP(I,J,N)
      XM=(2.*M+1.)**2
      D1=(XM-1.)/XM*FACCA**2/FACPE
      D2=D1/(1+PRXI(I,J,N))
      IF(D2.GE.E2(I,J,N)) GO TO 300
400   CONTINUE
      GO TO 300
15    NUCAP(I,J,N)=0
300   CONTINUE
200   CONTINUE
      KN=NK
      NK=0
      DO 105 NN=1,KN
      NK=NK+NRAM(NN,J)
105   CONTINUE
100   CONTINUE
      RETURN
      END
C *****************************************************************
      SUBROUTINE OPTIM(TCAPA)
C *****************************************************************
C
```

```
C
C ***************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA DETERMINARA LA DISTANCIA Y CAPACIDAD OPTIMA DE LOS
C  BANCOS DE CAPACITORES
C ***************************************************************
C
      COMMON /VSUB/ VSUB
      COMMON /FACPE/ FACPE
      COMMON /FACPO/ FACPO
      COMMON /PALMAX/ PALMAX
      COMMON /FACCA/ FACCA
      COMMON /PKVAR/ PKVAR
      COMMON /DSUB/ DSUB(250)
      COMMON /CORR2/ CORR2(250)
      COMMON /NRAM/ NRAM(25,7)
      COMMON /NUCAP/ NUCAP(25,7,25)
      COMMON /PRXI/ PRXI(25,7,25)
      COMMON /PRIM/ PRIM(25,7,25)
      COMMON /ULTIM/ ULTIM(25,7,25)
      COMMON /CAPA/ CAPA(25,7,25,25)
      COMMON /DICAP/ DICAP(25,7,25,25)
      INTEGER*2 PRIM,ULTIM,NUCAP,KP
C
      NK=NRAM(1,1)
      IF (PKVAR.LT.0.) GO TO 600
      DO 100 J=1,6
      DO 200 I=1,NK
      IF (NRAM(I,J).EQ.0) GO TO 200
      DO 300 K=1,NRAM(I,J)
      KP=NUCAP(I,J,K)
      IF(KP.EQ.0) GO TO 300
      IF(KP.GE.25) GO TO 300
      NP=PRIM(I,J,K)
      NU=ULTIM(I,J,K)
      DO 400 M=1,KP
      XM=2.*KP+1.
      A=2.*M/XM+2*M/(3.*XM*(1.+PRXI(I,J,K)))*FACPE/FACCA**2
      DICAP(I,J,K,M)=A*DSUB(NU)
      C3=A*FACCA/M
      CORR3=C3*CORR2(NP)
      CAPA(I,J,K,M)=1.73*CORR3*VSUB/1000.
      IF(CAPA(I,J,K,M).LT.50.)GO TO 200
      IF(TCAPA.GT.PKVAR) GO TO 500
      TCAPA=TCAPA+CAPA(I,J,K,M)
      CLIM=PKVAR-TCAPA
      IF(CLIM.LT.0.0) GO TO 600
400   CONTINUE
300   CONTINUE
200   CONTINUE
      KN=NK
      NK=0
      DO 105 NN=1,KN
      NK=NK+NRAM(NN,J)
105   CONTINUE
100   CONTINUE
500   JJ=J
      II=I
      KK=K
      DO 501 J1=JJ,6
      DO 502 I1=II,NK
```

```
      IF (NRAM(I1,J1).EQ.0) GO TO 502
      DO 503 K1=KK,NRAM(I1,J1)
      NUCAP(I1,J1,K1)=0
503   CONTINUE
      KK=1
502   CONTINUE
      I1=1
      DO 505 NN=1,KN
      NK=NK+NRAM(NN,J1)
505   CONTINUE
501   CONTINUE
600   RETURN
      END
C *********************************************************************
      SUBROUTINE OVER
C *********************************************************************
C
C
C *********************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA INDICARA LA ESTACION EN LA CUAL DEBERA SER CONECTADO
C  EL BANCO DE CAPACITORES
C *********************************************************************
C
      COMMON /NOEST/ NOEST
      COMMON /TIPO/ TIPO(250)
      COMMON /NIVEL/ NIVEL(250)
      COMMON /DSUB/ DSUB(250)
      COMMON /NRAM/ NRAM(25,7)
      COMMON /PRIM/ PRIM(25,7,25)
      COMMON /ULTIM/ ULTIM(25,7,25)
      COMMON /NUCAP/ NUCAP(25,7,25)
      COMMON /NUME/ NUME(25,7,25,25)
      COMMON /DICAP/ DICAP(25,7,25,25)
      INTEGER*2 EST,TIPO,PRIM,ULTIM,NUCAP,NUME,KK
C
      NK=NRAM(1,1)
      DO 100 J=1,6
      DO 200 I=1,NK
      IF(NRAM(I,J).EQ.0) GO TO 200
      DO 300 K=1,NRAM(I,J)
      KP=NUCAP(I,J,K)
      IF(KP.EQ.0) GO TO 300
      IF(KP.GE.25) GO TO 300
      NP=PRIM(I,J,K)
      NU=ULTIM(I,J,K)
      NIV=NIVEL(NU)
      IF(NP.EQ.0) GO TO 300
      IF(NU.EQ.0) GO TO 300
      DO 400 L=1,KP
      DO 500 M=NU,NOEST-1
      IF(NIVEL(M).GT.NIV) GO TO 500
      IF(NIVEL(M).EQ.(NIV-1)) NIV=NIV-1
501   N=DICAP(I,J,K,L)/DSUB(M)
      IF(N.NE.1) GO TO 500
      KK=TIPO(M)
      GO TO(210,220,220),KK
210   TIPO(M)=2
220   NUME(I,J,K,L)=NOEST-M+1
      GO TO 400
500   CONTINUE
```

```
400   CONTINUE
300   CONTINUE
200   CONTINUE
      KN=NK
      NK=0
      DO 105 NN=1,KN
      NK=NK+NRAM(NN,J)
105   CONTINUE
100   CONTINUE
      RETURN
      END
C *****************************************************************
      SUBROUTINE OUTPUT(NUMAT,NO)
C *****************************************************************
C
C
C *****************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA IMPRIME LOS RESULTADOS FINALES
C *****************************************************************
C
      COMMON /NCEST/ NCEST
      COMMON /FACUT/ FACUT
      COMMON /FACPO/ FACPO
      COMMON /FACPE/ FACPE
      COMMON /FACCA/ FACCA
      COMMON /UNCI/ UNCI
      COMMON /INDIC/ INDIC
      COMMON /REGVC/ REGVC
      COMMON /PALMIN/ PALMIN
      COMMON /PPOT/ PPOT
      COMMON /CKVAR/ CKVAR
      COMMON /NUCAT/ NUCAT
      COMMON /YMAX/ YMAX
      COMMON /TIPO/ TIPO(250)
      COMMON /CDSUB/ CDSUB(250)
      COMMON /VOLTS/ VOLTS(250)
      COMMON /PDSUB/ PDSUB(250)
      COMMON /EST/ EST(250,7)
      COMMON /NRAM/ NRAM(25,7)
      COMMON /PRIM/ PRIM(25,7,25)
      COMMON /ULTIM/ ULTIM(25,7,25)
      COMMON /NUCAP/ NUCAP(25,7,25)
      COMMON /CAPA/ CAPA(25,7,25,25)
      COMMON /DICAP/ DICAP(25,7,25,25)
      COMMON /NUME/ NUME(25,7,25,25)
      INTEGER*2 EST,TIPO,PRIM,ULTIM,NUCAP,NUME,NUMAT
      CHARACTER*8 A,B,C,D,E,F
      DATA A,B/'DESCONEC','TABLES  '/,C,D/'FIJOS   ',' '/
C
      IF(NO.EQ.2) GO TO 420
      E=C
      F=D
      IF(NUCAT.EQ.0) GO TO 401
      WRITE(6,400)
      JJ=1
      GO TO 460
401   WRITE(6,410)
      JJ=2
      GO TO 460
420   E=A
```

```
      F=8
      IF(NUCAT.EQ.0) GO TO 440
      IF(NUMAT.EQ.0) GO TO 470
      WRITE(6,480)
      JJ=3
      GO TO 460
470   WRITE(6,480)
      JJ=4
      GO TO 460
440   WRITE(6,450)
      JJ=5
460   WRITE(6,200)FACPO,FACUT,FACPE,FACCA
      WRITE(6,220)
      IPAGE=15
      DO 300 I=1,NOEST
      N=NOEST+1-I
      IPAGE=IPAGE+1
      IF(IPAGE.LT.50)GOTO 2003
      WRITE(6,2200)
2200  FORMAT(1H1,// 9X,'NUMERO DE LA',12X,'CAIDA A LA',11X,'VOLTAJE',8
     +'TIPO',14X/11X,'ESTACION',14X,'SUBESTACION',10X,'(VOLTS)'/)
      IPAGE=0
2003  WRITE(6,330)I,(EST(N,M),M=1,4),COSUB(N),VOLTS(N),TIPO(N)
300   CONTINUE
      WRITE(6,3311)
3311  FORMAT(1H1////10X,'RESUMEN'/10X,'*******'/////)
      WRITE(6,331)PDSUB(1)
      PPOT=100.*PDSUB(1)/PALMIN
      WRITE(6,332) PPOT
      IF(NO.EQ.1)WRITE(6,334)CKVAR
      IF(NO.EQ.2)WRITE(6,336)CKVAR
      IF(NO.EQ.2)WRITE(6,337)YMAX
      IF(NO.EQ.2)WRITE(6,333)REGVC
      NK=NRAM(1,1)
      DO 100 IJ=1,6
      DO 205 IK=1,NK
      IF(NRAM(IK,IJ).EQ.0) GO TO 205
      DO 305 II=1,NRAM(IK,IJ)
      IF(NUCAP(IK,IJ,II).GE.25)GO TO 305
      DO 405 IP=1,M
      IF(CAPA(IK,IJ,II,IP).LT.50.0) GO TO 405
      IF(NUME(IK,IJ,II,IP).EQ.0) GO TO 405
      M=NUCAP(IK,IJ,II)
      IF(M.EQ.0) GO TO 301
      IF(M.GE.25) GO TO 302
      NPR=NOEST+1-PRIM(IK,IJ,II)
      NUL=NOEST+1-ULTIM(IK,IJ,II)
      WRITE(6,490)NPR,NUL,NUCAP(IK,IJ,II)
      WRITE(6,340)
      WRITE(6,370)CAPA(IK,IJ,II,IP),NUME(IK,IJ,II,IP)
370   FORMAT(/12X,F14.3,22X,'ESTACION NO. ',I3)
405   CONTINUE
      GO TO 305
301   WRITE(6,380)(NOEST-PRIM(IK,IJ,II)+1),(NOEST-ULTIM(IK,IJ,II)+1),E
      GO TO 305
302   WRITE(6,500)(NOEST-PRIM(IK,IJ,II)+1),(NOEST-ULTIM(IK,IJ,II)+1)
305   CONTINUE
205   CONTINUE
      KN=NK
      NK=0
```

```
      DO 105 NN=1,KN
      NK=NK+NRAM(NN,IJ)
105   CONTINUE
100   CONTINUE
      GO TO(600,620,640,660,670),JJ
600   GO TO 700
620   WRITE(6,410)
      GO TO 700
640   GO TO 700
660   GO TO 700
670   WRITE(6,450)
      GO TO 700
700   INDIC=2
      RETURN
331   FORMAT(//10X,' PERDIDA DE POTENCIA EN Kw                =',1X,F8.2
332   FORMAT(/10X,' PERDIDA DE POTENCIA EN PORCENTAJE       =',1X,F8.2/
333   FORMAT(/10X,' EL PORCENTAJE DE REGULACION ES             ',F9.5/
334   FORMAT(/10X,' LA CAPACIDAD NECESARIA EN KVAR FIJOS ES  ',F9.3/)
336   FORMAT(/10X,' LA CAPACIDAD TOTAL NECESARIA EN KVAR ES  ',F9.3/)
337   FORMAT(/10X,' VOLTAJE MINIMO DESPUES DE REGULACION     ',F9.3/)
400   FORMAT(1H1/10X,' RESULTADOS DESPUES DE UBICAR BANCOS DE CAPACITO
     +S FIJOS '/11X,56('*')//)
410   FORMAT(1H1/10X,' EL SISTEMA NO NECESITA BANCOS DE CAPACITORES FI
     +S '/10X,50('*')//)
480   FORMAT(1H1/1X,10X,' RESULTADOS DESPUES DE UBICAR BANCOS DE CAPAC
     +ORES DESCONECTABLES'/25X,' INCLUYENDO CAPACITORES FIJOS '/12X,66
     +*')//)
450   FORMAT(1H1/15X,20('*'),' EL SISTEMA NO NECESITA BANCOS DE CAPACI
     +RES DESCONECTABLES ',20('*')//)
C480  FORMAT(1H1/1X,20('*'),' RESULTADOS DESPUES DE UBICAR BANCOS DE C
C     +ACITORES DESCONECTABLES SIN CAPACITORES FIJOS ',20('*'))
200   FORMAT(///10X,' FACTOR DE POTENCIA          =',F9.3/11X,'FACTOR DE
     +TILIZACION     =',F9.3/11X,'FACTOR DE PERDIDAS          =',F9.3/11
     +'FACTOR DE CARGA             =',F9.3//)
220   FORMAT(10X,'NUMERO DE LA',12X,'CAIDA A LA',11X,'VOLTAJE',8X,'TIP
     +,14X/12X,'ESTACION',14X,'SUBESTACION',10X,'(VOLTS)'/)
330   FORMAT(4X,I3,3X,I3,3(' ',I3),F17.2,F20.2,9X,I2,16X,F7.3,5X,F7.3)
490   FORMAT(///10X,'BANCO DE CAPACITORES'/10X,'RAMAL                ',I
     +'-',I3/10X,'NUMERO DE CAPACITORES                    =',I5//)
340   FORMAT(10X,'CAPACIDAD DEL BANCO (KVAR)',10X,'UBICACION DEL BANCO
380   FORMAT('0','EL RAMAL ',I5,' -- ',I5,' NO NECESITA BANCOS ',2A8)
500   FORMAT('0','EL RAMAL ',I5,' -- ',I5,' NO ES POSIBLE LA REGULACIO
     +)
      END
C *****************************************************************
      SUBROUTINE CONSTA
C *****************************************************************
C
C
C *****************************************************************
C  ESTA SUBRUTINA CALCULA LOS PARAMETROS NECESARIOS
C *****************************************************************
C
      COMMON /VSUB/ VSUB
      COMMON /PORCE/ PORCE
      COMMON /RESI/ RESI(20)
      COMMON /XEQI/ XEQI(20)
      COMMON /CND/ CND(250)
      COMMON /VOLTS/ VOLTS(250)
      COMMON /CORR2/ CORR2(250)
```

```
      COMMON /CORR1/ CORR1(250)
      COMMON /NRAM/ NRAM(25,7)
      COMMON /PRXI/ PRXI(25,7,25)
      COMMON /PRIM/ PRIM(25,7,25)
      COMMON /ULTIM/ ULTIM(25,7,25)
      COMMON /E2/ E2(25,7,25)
      COMMON /DD2/ DD2(25,7,25)
      INTEGER*2 CND,PRIM,ULTIM
C
      NK=NRAM(1,1)
      DO 100 J=1,6
      DO 200 I=1,NK
      IF(NRAM(I,J).EQ.0) GO TO 100
      DO 300 K=1,NRAM(I,J)
      NP=PRIM(I,J,K)
      NU=ULTIM(I,J,K)
      E1=VOLTS(NU)
      PORC=VSUB*(1.-PORCE)
      E2(I,J,K)=ABS((E1-PORC)/E1)
      KI=CND(NU)
      DRYX=REST(KI)/XECT(KI)
      BIPI=CORR1(NP)/CORR2(NP)
      PRXI(I,J,K)=DRYX*BIPI
      DD2(I,J,K)=1.0-VOLTS(NU)/VSUB
300   CONTINUE
200   CONTINUE
      KN=NK
      NK=0
      DO 105 NN=1,KN
      NK=NK+NRAM(NN,J)
105   CONTINUE
100   CONTINUE
      RETURN
      END
```

DATOS PARA CALCULAR LOS PERFILES DE VOLTAJE, TAMAÑO Y UBICACION DE CAPACITORES

```
  GUASMO
25 DE JUL.
13.8
0.8000 0.8000 0.590 0.400 1.000
13800. 13800.
  195.0  345.
225
000 00 00 0 0 0 0   2  1  00.00  00.00  1  00.00  3  00.00
010 00 00 0 0 0 0   2  1  10.00  0.165  1  10.00  1  00.00
020 00 00 0 0 0 0   2  1  00.00  0.070  1  00.00  3  00.00
020 01 00 0 0 0 0   7  1  25.00  0.060  1  25.00  1  00.00
020 01 01 0 0 0 0   7  1  25.00  0.100  1  25.00  1  00.00
020 02 00 0 0 0 0   7  1  00.00  0.110  1  00.00  1  00.00
020 03 00 0 0 0 0   7  1  00.00  00.00  1  00.00  1  00.00
020 02 01 0 0 0 0   7  1  25.00  0.110  1  25.00  1  00.00
020 03 01 0 0 0 0   7  1  25.00  0.100  1  25.00  1  00.00
020 04 00 0 0 0 0   7  1  00.00  0.100  1  00.00  1  00.00
020 05 00 0 0 0 0   7  1  00.00  00.00  1  00.00  1  00.00
020 04 01 0 0 0 0   7  1  15.00  0.105  1  15.00  1  00.00
020 05 01 0 0 0 0   7  1  10.00  0.110  1  10.00  1  00.00
020 06 00 0 0 0 0   7  1  25.00  0.125  1  25.00  1  00.00
030 00 00 0 0 0 0   2  1  00.00  0.280  1  00.00  3  00.00
030 01 00 0 0 0 0   7  1  10.00  0.080  1  10.00  1  00.00
030 01 01 0 0 0 0   7  1  10.00  0.045  1  10.00  1  00.00
030 02 00 0 0 0 0   7  1  10.00  0.035  1  10.00  1  00.00
030 03 00 0 0 0 0   7  1  25.00  0.110  1  25.00  1  00.00
030 03 01 0 0 0 0   7  1  10.00  0.045  1  10.00  1  00.00
030 04 00 0 0 0 0   7  1  25.00  0.320  1  25.00  1  00.00
035 00 00 0 0 0 0   2  1  25.00  0.150  1  25.00  1  00.00
040 00 00 0 0 0 0   2  1  00.00  0.065  1  00.00  3  00.00
040 01 00 0 0 0 0   7  1  25.00  0.215  1  25.00  1  00.00
040 02 00 0 0 0 0   7  1  25.00  0.055  1  25.00  1  00.00
040 03 00 0 0 0 0   7  1  25.00  0.095  1  25.00  1  00.00
040 04 00 0 0 0 0   7  1  25.00  0.180  1  25.00  1  00.00
040 05 00 0 0 0 0   7  1  10.00  0.230  1  10.00  1  00.00
040 06 00 0 0 0 0   7  1  25.00  0.070  1  25.00  1  00.00
050 00 00 0 0 0 0   2  1  50.00  0.030  1  50.00  3  00.00
060 00 00 0 0 0 0   2  1  10.00  0.120  1  10.00  3  00.00
070 00 00 0 0 0 0   2  1  10.00  0.095  1  10.00  3  00.00
080 00 00 0 0 0 0   2  1  10.00  0.085  1  10.00  3  00.00
090 00 00 0 0 0 0   2  1  00.00  0.070  1  00.00  3  00.00
090 01 00 0 0 0 0   7  1  0035.0  0.055  1  0050.0  1  00.0
090 01 01 0 0 0 0   7  1  0025.0  0.120  1  0025.0  1  00.0
090 01 02 0 0 0 0   7  1  0050.0  0.110  1  0050.0  1  00.0
090 02 00 0 0 0 0   7  1  0050.0  0.300  1  0050.0  1  00.0
090 03 00 0 0 0 0   7  1  0475.0  0.050  1  0475.0  1  00.0
090 03 01 0 0 0 0   7  1  0050.0  0.190  1  0050.0  1  00.0
090 03 02 0 0 0 0   7  1  0025.0  0.135  1  0025.0  1  00.0
090 04 00 0 0 0 0   7  1  0025.0  0.230  1  0025.0  1  00.0
090 05 00 0 0 0 0   7  1  0000.0  0.050  1  0000.0  1  00.0
090 05 01 0 0 0 0   7  1  0025.0  0.125  1  0025.0  1  00.0
090 06 00 0 0 0 0   7  1  0025.0  0.060  1  0025.0  1  00.0
090 07 00 0 0 0 0   7  1  0025.0  0.125  1  0025.0  1  00.0
090 08 00 0 0 0 0   7  1  0025.0  0.095  1  0025.0  1  00.0
100 00 00 0 0 0 0   2  1  25.00  0.015  1  25.00  3  00.00
110 00 00 0 0 0 0   2  1  25.00  0.100  1  25.00  3  00.00
120 00 00 0 0 0 0   2  1  25.00  0.060  1  25.00  3  00.00
130 00 00 0 0 0 0   2  1  25.00  0.155  1  25.00  3  00.00
130 01 00 0 0 0 0   7  1  25.00  0.035  1  25.00  1  00.00
130 02 00 0 0 0 0   7  1  25.00  0.120  1  25.00  1  00.00
```

140	00	00	0	0	0	0	2	1	50.00	0.120	1	50.00	3	00.00
140	01	00	0	0	0	0	7	1	25.00	0.070	1	25.00	1	00.00
140	02	00	0	0	0	0	7	1	50.00	0.090	1	50.00	1	00.00
140	03	00	0	0	0	0	7	1	25.00	0.035	1	25.00	1	00.00
150	00	00	0	0	0	0	2	1	00.00	0.080	1	00.00	3	00.00
150	01	00	0	0	0	0	7	1	25.00	0.085	1	25.00	1	00.00
150	02	00	0	0	0	0	7	1	25.00	0.090	1	25.00	1	00.00
150	02	01	0	0	0	0	7	1	25.00	0.060	1	25.00	1	00.00
150	03	00	0	0	0	0	7	1	00.00	0.160	1	00.00	1	00.00
150	03	01	0	0	0	0	7	1	25.00	0.040	1	25.00	1	00.00
150	04	00	0	0	0	0	7	1	25.00	0.035	1	25.00	1	00.00
160	00	00	0	0	0	0	2	1	00.00	0.125	1	00.00	3	00.00
160	01	00	0	0	0	0	7	1	25.00	0.020	1	25.00	1	00.00
160	02	00	0	0	0	0	7	1	25.00	0.030	1	25.00	1	00.00
170	00	00	0	0	0	0	2	1	10.00	0.280	1	10.00	3	00.00
170	01	00	0	0	0	0	7	1	25.00	0.050	1	25.00	1	00.00
170	02	00	0	0	0	0	7	1	00.00	0.090	1	00.00	1	00.00
170	02	01	0	0	0	0	7	1	75.00	0.040	1	75.00	1	00.00
170	03	00	0	0	0	0	7	1	25.00	0.070	1	25.00	1	00.00
170	04	00	0	0	0	0	7	1	00.00	0.050	1	00.00	1	00.00
170	04	01	0	0	0	0	7	1	50.00	0.060	1	50.00	1	00.00
170	05	00	0	0	0	0	7	1	25.00	0.065	1	25.00	1	00.00
170	06	00	0	0	0	0	7	1	25.00	0.105	1	25.00	1	00.00
180	00	00	0	0	0	0	2	1	00.00	0.130	1	00.00	3	00.00
180	01	00	0	0	0	0	7	1	50.00	0.055	1	50.00	1	00.00
180	02	00	0	0	0	0	7	1	25.00	0.100	1	25.00	1	00.00
180	03	00	0	0	0	0	7	1	25.00	0.085	1	25.00	1	00.00
190	00	00	0	0	0	0	2	3	00.00	0.195	3	00.00	3	900.0
200	00	00	0	0	0	0	2	1	62.50	0.090	1	62.50	3	00.00
200	01	00	0	0	0	0	7	1	00.00	0.435	1	00.00	1	00.00
200	01	01	0	0	0	0	7	1	25.00	0.010	1	25.00	1	00.00
200	01	02	0	0	0	0	7	1	25.00	0.200	1	25.00	1	00.00
200	02	00	0	0	0	0	7	1	000.00	0.190	1	000.00	1	00.00
200	03	00	0	0	0	0	7	1	025.00	0.075	1	025.00	1	0.000
200	04	00	0	0	0	0	7	1	025.00	0.175	1	025.00	1	00.00
300	00	00	0	0	0	0	2	1	000.00	0.040	1	000.00	3	00.00
300	01	00	0	0	0	0	7	1	000.00	0.350	1	000.00	3	00.00
300	01	01	0	0	0	0	7	1	025.00	0.100	1	025.00	1	0.000
300	01	02	0	0	0	0	7	1	025.00	0.060	1	025.00	1	00.00
300	02	00	0	0	0	0	7	1	000.00	0.140	1	000.00	3	00.00
300	02	01	0	0	0	0	7	1	025.00	0.045	1	025.00	1	00.00
300	03	00	0	0	0	0	7	3	000.00	0.030	3	000.00	3	600.0
300	04	00	0	0	0	0	7	1	000.00	0.040	1	000.00	1	00.00
300	04	01	0	0	0	0	7	1	025.00	0.090	1	025.00	1	00.00
300	05	00	0	0	0	0	7	1	000.00	0.045	1	000.00	1	00.00
300	05	01	0	0	0	0	7	1	050.00	0.085	1	050.00	1	00.00
300	05	02	0	0	0	0	7	1	025.00	0.050	1	025.00	1	00.00
300	05	03	0	0	0	0	7	1	025.00	0.100	1	025.00	1	00.00
300	05	04	0	0	0	0	7	1	025.00	0.100	1	025.00	1	00.00
300	05	05	0	0	0	0	7	1	025.0	0.095	1	025.0	1	00.0
300	06	00	0	0	0	0	7	1	000.0	0.035	1	000.0	3	00.0
300	06	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.045	1	025.0	1	00.0
300	06	02	0	0	0	0	7	1	025.0	0.095	1	025.0	1	00.0
300	06	03	0	0	0	0	7	1	025.0	0.045	1	025.0	1	00.0
300	07	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.175	1	025.0	1	00.0
300	07	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.055	1	025.0	1	00.0
300	07	02	0	0	0	0	7	1	025.0	0.100	1	025.0	1	00.0
300	07	03	0	0	0	0	7	1	025.0	0.100	1	025.0	1	00.0
300	07	04	0	0	0	0	7	1	025.0	0.090	1	025.0	1	00.0
300	08	00	0	0	0	0	7	1	000.0	0.040	1	000.0	3	00.0

300	08	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.045	1	025.0	1	00.0
300	08	02	0	0	0	0	7	1	025.0	0.085	1	025.0	1	00.0
300	09	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.130	1	025.0	1	00.0
300	10	00	0	0	0	0	7	1	000.0	0.020	1	000.0	3	00.0
300	10	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.045	1	025.0	1	00.0
300	10	02	0	0	0	0	7	1	025.0	0.095	1	025.0	1	00.0
300	10	03	0	0	0	0	7	1	025.0	0.100	1	025.0	1	00.0
300	10	04	0	0	0	0	7	1	025.0	0.090	1	025.0	1	00.0
300	11	00	0	0	0	0	7	1	000.0	0.035	1	000.0	3	00.0
300	11	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.045	1	025.0	1	00.0
300	12	00	0	0	0	0	7	1	000.0	0.120	1	000.0	3	00.0
300	12	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.030	1	025.0	1	00.0
300	12	02	0	0	0	0	7	1	025.0	0.090	1	025.0	1	00.0
300	12	03	0	0	0	0	7	1	050.0	0.105	1	050.0	1	00.0
300	12	04	0	0	0	0	7	1	050.0	0.040	1	050.0	1	00.0
300	12	05	0	0	0	0	7	1	050.0	0.050	1	050.0	1	00.0
300	12	06	0	0	0	0	7	1	050.0	0.135	1	050.0	1	00.0
300	13	00	0	0	0	0	7	1	000.0	0.060	1	000.0	3	00.0
300	13	01	0	0	0	0	7	1	750.0	0.390	1	750.0	3	00.0
300	13	02	0	0	0	0	7	1	075.0	0.075	1	075.0	2	00.0
300	13	03	0	0	0	0	7	1	801.0	0.060	1	801.0	3	00.0
300	14	00	0	0	0	0	7	1	050.0	0.035	1	050.0	1	00.0
300	15	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.145	1	025.0	1	00.0
300	16	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.045	1	025.0	1	00.0
300	17	00	0	0	0	0	7	1	000.0	0.140	1	000.0	1	00.0
300	17	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.075	1	025.0	1	00.0
300	17	02	0	0	0	0	7	1	025.0	0.040	1	025.0	1	00.0
300	17	03	0	0	0	0	7	1	025.0	0.030	1	025.0	1	00.0
300	17	04	0	0	0	0	7	1	025.0	0.040	1	025.0	1	00.0
300	18	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.040	1	025.0	1	00.0
300	19	00	0	0	0	0	7	1	000.0	0.170	1	000.0	1	00.0
300	19	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.040	1	025.0	1	00.0
300	19	02	0	0	0	0	7	1	050.0	0.080	1	050.0	1	00.0
300	20	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.065	1	025.0	1	00.0
300	21	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.030	1	025.0	1	00.0
300	22	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.080	1	025.0	1	00.0
310	00	00	0	0	0	0	2	1	000.0	0.400	1	000.0	3	00.0
310	01	00	0	0	0	0	7	1	040.0	0.120	1	040.0	2	00.0
320	00	00	0	0	0	0	2	1	000.0	0.065	1	000.0	3	00.0
320	01	00	0	0	0	0	7	1	040.0	0.065	1	040.0	2	00.0
320	02	00	0	0	0	0	7	1	000.0	0.015	1	000.0	3	00.0
320	02	01	0	0	0	0	7	1	075.0	0.070	1	075.0	2	00.0
320	03	00	0	0	0	0	7	1	010.0	0.075	1	010.0	1	00.0
320	04	00	0	0	0	0	7	1	000.0	0.320	1	000.0	1	00.0
320	04	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.035	1	025.0	1	00.0
320	04	02	0	0	0	0	7	1	025.0	0.060	1	025.0	1	00.0
320	04	03	0	0	0	0	7	1	025.0	0.045	1	025.0	1	00.0
320	05	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.020	1	025.0	1	00.0
320	06	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.065	1	025.0	1	00.0
320	06	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.130	1	025.0	1	00.0
320	07	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.320	1	025.0	1	00.0
320	08	00	0	0	0	0	7	1	000.0	0.000	1	000.0	1	00.0
320	07	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.050	1	025.0	1	00.0
320	08	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.090	1	025.0	1	00.0
320	08	02	0	0	0	0	7	1	025.0	0.085	1	025.0	1	00.0
320	09	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.095	1	025.0	1	00.0
320	10	00	0	0	0	0	7	1	000.0	0.000	1	000.0	1	00.0
320	09	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.115	1	025.0	1	00.0
320	10	01	0	0	0	0	7	1	025.0	0.060	1	025.0	1	00.0
320	10	02	0	0	0	0	7	1	025.0	0.050	1	025.0	1	00.0

320	11	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.340	1	025.0	1	00.0
320	12	00	0	0	0	0	7	1	025.0	0.075	1	025.0	1	00.0
330	00	00	0	0	0	0	2	1	150.0	0.195	1	150.0	3	00.0
340	00	00	0	0	0	0	2	1	150.0	0.035	1	150.0	3	00.0
350	00	00	0	0	0	0	2	1	000.0	0.000	1	000.0	3	00.0
350	01	00	0	0	0	0	7	1	112.5	0.120	1	112.5	3	00.0
360	00	00	0	0	0	0	2	1	000.0	0.510	1	000.0	3	00.0
360	01	00	0	0	0	0	7	1	030.0	0.100	1	030.0	3	00.0
370	00	00	0	0	0	0	2	3	000.0	0.250	3	000.0	3	900.0
380	00	00	0	0	0	0	2	1	000.0	0.065	1	000.0	3	00.0
380	01	00	0	0	0	0	7	1	0300.0	0.110	1	0300.0	1	00.0
380	02	00	0	0	0	0	7	1	0050.0	0.070	1	0050.0	1	00.0
380	03	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.190	1	0025.0	1	00.0
380	04	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.090	1	0025.0	1	00.0
390	00	00	0	0	0	0	2	1	0175.0	0.010	1	0175.0	2	00.0
400	00	00	0	0	0	0	2	1	0300.0	0.050	1	0300.0	3	00.0
410	00	00	0	0	0	0	2	1	0000.0	0.175	1	0000.0	3	00.0
410	01	00	0	0	0	0	2	1	0000.0	0.335	1	0000.0	3	00.0
410	01	01	0	0	0	0	7	1	0900.0	0.080	1	0900.0	3	00.0
410	02	00	0	0	0	0	2	1	1775.0	0.650	1	1775.0	3	00.0
420	00	00	0	0	0	0	7	1	0375.0	0.470	1	0375.0	3	00.0
420	01	00	0	0	0	0	7	1	0015.0	0.200	1	0015.0	1	00.0
430	00	00	0	0	0	0	7	1	0065.0	0.100	1	0065.0	3	00.0
440	00	00	0	0	0	0	7	1	0010.0	0.210	1	0010.0	1	00.0
450	00	00	0	0	0	0	7	1	0000.0	0.030	1	0000.0	3	00.0
450	01	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.560	1	0025.0	1	00.0
450	02	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.100	1	0025.0	1	00.0
460	00	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.180	1	0025.0	1	00.0
470	00	00	0	0	0	0	7	1	0000.0	0.455	1	0000.0	3	00.0
470	01	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.045	1	0025.0	1	00.0
470	02	00	0	0	0	0	7	1	0000.0	0.030	1	0000.0	1	00.0
470	02	01	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.090	1	0025.0	1	00.0
470	03	00	0	0	0	0	7	1	0050.0	0.070	1	0050.0	1	00.0
480	00	00	0	0	0	0	7	3	0000.0	0.150	3	0000.0	3	600.0
490	00	00	0	0	0	0	7	1	0000.0	0.390	1	0000.0	3	00.0
490	01	00	0	0	0	0	7	1	0010.0	0.070	1	0010.0	1	00.0
500	00	00	0	0	0	0	7	1	0000.0	0.000	1	0000.0	3	00.0
510	00	00	0	0	0	0	7	1	0000.0	0.745	3	0000.0	3	00.0
510	01	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.100	3	0025.0	1	00.0
510	02	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.130	1	0025.0	1	00.0
510	03	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.050	1	0025.0	1	00.0
520	00	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.000	1	0025.0	1	00.0
520	01	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.070	1	0025.0	1	00.0
520	02	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.050	1	0025.0	1	00.0
520	03	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.100	1	0025.0	1	00.0
530	00	00	0	0	0	0	7	1	0000.0	0.215	1	0000.0	3	00.0
530	01	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.030	1	0025.0	1	00.0
530	02	00	0	0	0	0	7	1	0000.0	0.130	1	0000.0	1	00.0
530	02	01	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.180	1	0025.0	1	00.0
530	03	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.050	1	0025.0	1	00.0
530	04	00	0	0	0	0	7	1	0025.0	0.150	1	0025.0	1	00.0
540	00	00	0	0	0	0	7	1	0050.0	0.280	1	0050.0	1	00.0

PERFILES DE VOLTAJE PARA CARGAS MINIMA Y MAXIMA ANTES DE INSTALAR CAPACITORES.

CALCULO DE TAMAÑO Y UBICACION DE CAPACITORES SHUNT FIJOS Y DESCONECTABLES.

PERFILES DE VOLTAJE PARA CARGAS MINIMA Y MAXIMA DESPUES DE INSTALAR CAPACITORES SHUNT FIJOS Y DESCONECTABLES.

CALCULO DE PERDIDAS DE POTENCIA.

CALCULO DE REGULACION DE VOLTAJE.

SUBESTACION (GUASMO) ALIMENTADORA (25 DE JUL.)

****

VOLTAJE DE SUBESTACION	=	13800.00
VOLTAJE DE ALIMENTADORA	=	13200.00
VOLTAJE DE CARGA MINIMA	=	13800.00
VOLTAJE DE CARGA MAXIMA	=	13800.00
FACTOR DE DEMANDA	=	1.00
NUMERO DE ESTACIONES	=	225
CAPACIDAD INSTALADA EN KVA	=	10731.00
CAPACIDAD INSTALADA EN CAPACITORES EN LA ALIMENTADORA EN KVAR	=	3000.00
CORRIENTE A MINIMA CARGA EN AMPERIOS	=	195.00
CORRIENTE A MAXIMA CARGA EN AMPERIOS	=	345.00
POTENCIA MINIMA CALCULADA EN Kw	=	3728.65
POTENCIA MAXIMA CALCULADA EN Kw	=	6596.84

RESULTADOS DE PERFILES DE VOLTAJE PARA CARGA MINIMA

****
****

FACTOR DE POTENCIA = 0.80

FACTOR DE UTILIZACION = 1.00

VOLTAJE BASE = 13800.00 VOLTIOS

RESULTADOS ANTES DE UBICAR BANCOS DE CAPACITORES FIJOS

****

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (0/0)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
1	0- 0- 0- 0	0.00	0.000	13800.00	195.00
2	10- 0- 0- 0	0.17	0.931	13671.48	195.00
3	20- 0- 0- 0	0.24	1.014	13660.05	194.82
4	20- 1- 0- 0	0.29	1.025	13658.50	2.73
5	20- 1- 1- 0	0.39	1.029	13658.07	0.45
6	20- 2- 0- 0	0.40	1.039	13656.60	1.82
7	20- 2- 1- 0	0.51	1.043	13656.12	0.45
8	20- 3- 0- 0	0.40	1.039	13656.60	1.36
9	20- 3- 1- 0	0.50	1.042	13656.17	0.45
10	20- 4- 0- 0	0.50	1.045	13655.73	0.91
11	20- 4- 1- 0	0.61	1.047	13655.46	0.27
12	20- 5- 0- 0	0.50	1.045	13655.73	0.64
13	20- 5- 1- 0	0.62	1.047	13655.55	0.18
14	20- 6- 0- 0	0.63	1.049	13655.20	0.45
15	30- 0- 0- 0	0.51	1.341	13614.94	192.09
16	30- 1- 0- 0	0.59	1.350	13613.70	1.64
17	30- 1- 1- 0	0.64	1.351	13613.62	0.18
18	30- 2- 0- 0	0.63	1.353	13613.27	1.27
19	30- 3- 0- 0	0.74	1.361	13612.14	1.09
20	30- 3- 1- 0	0.78	1.362	13612.06	0.18
21	30- 4- 0- 0	1.06	1.371	13610.76	0.45
22	35- 0- 0- 0	0.66	2.168	13500.83	190.46
23	40- 0- 0- 0	0.73	2.243	13490.48	190.00
24	40- 1- 0- 0	0.94	2.279	13485.47	2.45
25	40- 2- 0- 0	1.00	2.287	13484.42	2.00
26	40- 3- 0- 0	1.09	2.297	13483.03	1.54
27	40- 4- 0- 0	1.27	2.310	13481.17	1.09
28	40- 5- 0- 0	1.50	2.320	13479.78	0.64
29	40- 6- 0- 0	1.57	2.323	13479.48	0.45
30	50- 0- 0- 0	0.76	2.277	13485.76	187.55
31	60- 0- 0- 0	0.88	2.413	13466.97	186.64
32	70- 0- 0- 0	0.97	2.521	13452.12	186.46
33	80- 0- 0- 0	1.06	2.617	13438.84	186.28
34	90- 0- 0- 0	1.13	2.696	13427.91	186.09

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (0/0)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
35	90- 1- 0- 0	1.18	2.754	13419.99	15.17
36	90- 1- 1- 0	1.30	2.765	13418.44	1.36
37	90- 1- 2- 0	1.41	2.772	13417.49	0.91
38	90- 2- 0- 0	1.48	3.026	13382.47	13.17
39	90- 3- 0- 0	1.53	3.068	13376.64	12.27
40	90- 3- 1- 0	1.72	3.086	13374.19	1.36
41	90- 3- 2- 0	1.86	3.090	13373.61	0.45
42	90- 4- 0- 0	1.76	3.104	13371.69	2.27
43	90- 5- 0- 0	1.81	3.110	13370.82	1.82
44	90- 5- 1- 0	1.94	3.114	13370.29	0.45
45	90- 6- 0- 0	1.87	3.116	13370.05	1.36
46	90- 7- 0- 0	2.00	3.123	13368.97	0.91
47	90- 8- 0- 0	2.09	3.126	13368.56	0.45
48	100- 0- 0- 0	1.14	2.712	13425.76	170.92
49	110- 0- 0- 0	1.24	2.815	13411.46	170.47
50	120- 0- 0- 0	1.30	2.877	13402.91	170.01
51	130- 0- 0- 0	1.46	3.037	13380.87	169.56
52	130- 1- 0- 0	1.49	3.039	13380.57	0.91
53	130- 2- 0- 0	1.61	3.043	13380.05	0.45
54	140- 0- 0- 0	1.58	3.160	13363.94	168.20
55	140- 1- 0- 0	1.65	3.169	13362.73	1.82
56	140- 2- 0- 0	1.74	3.177	13361.57	1.36
57	140- 3- 0- 0	1.77	3.178	13361.42	0.45
58	150- 0- 0- 0	1.66	3.240	13352.84	165.47
59	150- 1- 0- 0	1.74	3.254	13351.01	2.27
60	150- 2- 0- 0	1.83	3.265	13349.45	1.82
61	150- 2- 1- 0	1.89	3.267	13349.20	0.45
62	150- 3- 0- 0	1.99	3.275	13348.07	0.91
63	150- 3- 1- 0	2.03	3.276	13347.90	0.45
64	150- 4- 0- 0	2.03	3.276	13347.92	0.45
65	160- 0- 0- 0	1.78	3.364	13335.73	163.20
66	160- 1- 0- 0	1.80	3.366	13335.56	0.91
67	160- 2- 0- 0	1.83	3.366	13335.43	0.45
68	170- 0- 0- 0	2.06	3.640	13297.62	162.29
69	170- 1- 0- 0	2.11	3.654	13295.68	4.09
70	170- 2- 0- 0	2.20	3.677	13292.57	3.63
71	170- 2- 1- 0	2.24	3.681	13292.05	1.36
72	170- 3- 0- 0	2.27	3.688	13291.06	2.27
73	170- 4- 0- 0	2.32	3.694	13290.20	1.82
74	170- 4- 1- 0	2.38	3.698	13289.68	0.91
75	170- 5- 0- 0	2.39	3.698	13289.64	0.91
76	170- 6- 0- 0	2.49	3.702	13289.19	0.45
77	180- 0- 0- 0	2.19	3.765	13280.39	158.02
78	180- 1- 0- 0	2.25	3.772	13279.44	1.82
79	180- 2- 0- 0	2.35	3.778	13278.58	0.91
80	180- 3- 0- 0	2.43	3.781	13278.21	0.45
81	190- 0- 0- 0	2.39	3.950	13254.84	156.20
82	200- 0- 0- 0	2.48	4.036	13243.05	156.20
83	200- 1- 0- 0	2.91	4.090	13235.55	1.82
84	200- 1- 1- 0	2.92	4.091	13235.46	0.91

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
85	200- 1- 2- 0	3.12	4.097	13234.60	0.45
86	200- 2- 0- 0	3.10	4.102	13233.91	0.91
87	200- 3- 0- 0	3.18	4.107	13233.27	0.91
88	200- 4- 0- 0	3.35	4.112	13232.51	0.45
89	300- 0- 0- 0	2.52	4.073	13237.91	153.25
90	300- 1- 0- 0	2.87	4.399	13192.92	52.72
91	300- 1- 1- 0	2.97	4.405	13192.06	0.91
92	300- 1- 2- 0	3.03	4.407	13191.80	0.45
93	300- 2- 0- 0	3.01	4.527	13175.24	51.81
94	300- 2- 1- 0	3.05	4.529	13175.04	0.45
95	300- 3- 0- 0	3.04	4.554	13171.48	51.35
96	300- 4- 0- 0	3.08	4.696	13151.98	51.35
97	300- 4- 1- 0	3.17	4.699	13151.59	0.45
98	300- 5- 0- 0	3.12	4.853	13130.23	50.90
99	300- 5- 1- 0	3.21	4.869	13128.04	2.73
100	300- 5- 2- 0	3.26	4.876	13127.17	1.82
101	300- 5- 3- 0	3.36	4.885	13125.88	1.36
102	300- 5- 4- 0	3.46	4.891	13125.02	0.91
103	300- 5- 5- 0	3.55	4.894	13124.61	0.45
104	300- 6- 0- 0	3.16	4.883	13126.12	48.17
105	300- 6- 1- 0	3.20	4.887	13125.54	1.36
106	300- 6- 2- 0	3.30	4.893	13124.72	0.91
107	300- 6- 3- 0	3.34	4.895	13124.53	0.45
108	300- 7- 0- 0	3.33	5.447	13048.36	46.81
109	300- 7- 1- 0	3.39	5.454	13047.41	1.82
110	300- 7- 2- 0	3.49	5.463	13046.11	1.36
111	300- 7- 3- 0	3.59	5.469	13045.25	0.91
112	300- 7- 4- 0	3.68	5.472	13044.86	0.45
113	300- 8- 0- 0	3.37	5.478	13044.01	44.54
114	300- 8- 1- 0	3.42	5.481	13043.62	0.91
115	300- 8- 2- 0	3.50	5.484	13043.25	0.45
116	300- 9- 0- 0	3.50	5.868	12990.16	43.63
117	300- 10- 0- 0	3.52	5.884	12988.06	43.18
118	300- 10- 1- 0	3.57	5.889	12987.28	1.82
119	300- 10- 2- 0	3.66	5.898	12986.05	1.36
120	300- 10- 3- 0	3.76	5.904	12985.19	0.91
121	300- 10- 4- 0	3.85	5.907	12984.80	0.45
122	300- 11- 0- 0	3.56	5.909	12984.53	41.36
123	300- 11- 1- 0	3.60	5.911	12984.34	0.45
124	300- 12- 0- 0	3.68	5.996	12972.56	40.90
125	300- 12- 1- 0	3.71	6.005	12971.27	4.54
126	300- 12- 2- 0	3.80	6.031	12967.77	4.09
127	300- 12- 3- 0	3.90	6.057	12964.15	3.63
128	300- 12- 4- 0	3.94	6.064	12963.11	2.73
129	300- 12- 5- 0	3.99	6.071	12962.25	1.82
130	300- 12- 6- 0	4.13	6.079	12961.09	0.91
131	300- 13- 0- 0	3.74	6.034	12967.24	36.36
132	300- 13- 1- 0	4.13	6.238	12939.14	29.55
133	300- 13- 2- 0	4.20	6.266	12935.34	15.92
134	300- 13- 3- 0	4.26	6.281	12933.20	14.56

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
135	300- 14- 0- 0	3.77	6.051	12964.98	6.81
136	300- 15- 0- 0	3.92	6.110	12956.84	5.91
137	300- 16- 0- 0	3.96	6.127	12954.52	5.45
138	300- 17- 0- 0	4.10	6.175	12947.87	5.00
139	300- 17- 1- 0	4.18	6.184	12946.58	1.82
140	300- 17- 2- 0	4.22	6.188	12946.06	1.36
141	300- 17- 3- 0	4.25	6.190	12945.80	0.91
142	300- 17- 4- 0	4.29	6.191	12945.63	0.45
143	300- 18- 0- 0	4.14	6.184	12946.67	3.18
144	300- 19- 0- 0	4.31	6.215	12942.27	2.73
145	300- 19- 1- 0	4.35	6.219	12941.75	1.36
146	300- 19- 2- 0	4.43	6.224	12941.06	0.91
147	300- 20- 0- 0	4.38	6.222	12941.43	1.36
148	300- 21- 0- 0	4.41	6.223	12941.17	0.91
149	300- 22- 0- 0	4.49	6.226	12940.82	0.45
150	310- 0- 0- 0	2.92	4.317	13204.19	100.53
151	310- 1- 0- 0	3.04	4.319	13203.91	0.73
152	320- 0- 0- 0	2.98	4.357	13198.75	99.81
153	320- 1- 0- 0	3.05	4.371	13196.77	9.54
154	320- 2- 0- 0	3.06	4.374	13196.45	8.81
155	320- 2- 1- 0	3.13	4.376	13196.14	1.36
156	320- 3- 0- 0	3.14	4.412	13191.14	7.45
157	320- 4- 0- 0	3.46	4.572	13169.06	7.27
158	320- 4- 1- 0	3.49	4.575	13168.61	1.36
159	320- 4- 2- 0	3.55	4.579	13168.09	0.91
160	320- 4- 3- 0	3.60	4.580	13167.90	0.45
161	320- 5- 0- 0	3.48	4.580	13167.94	5.91
162	320- 6- 0- 0	3.54	4.605	13164.57	5.45
163	320- 6- 1- 0	3.67	4.609	13164.02	0.45
164	320- 7- 0- 0	3.86	4.705	13150.77	4.54
165	320- 7- 1- 0	3.91	4.706	13150.56	0.45
166	320- 8- 0- 0	3.86	4.705	13150.77	3.63
167	320- 8- 1- 0	3.95	4.710	13150.00	0.91
168	320- 8- 2- 0	4.04	4.713	13149.63	0.45
169	320- 9- 0- 0	3.96	4.722	13148.32	2.73
170	320- 9- 1- 0	4.07	4.726	13147.82	0.45
171	320- 10- 0- 0	3.96	4.722	13148.32	1.82
172	320- 10- 1- 0	4.02	4.726	13147.80	0.91
173	320- 10- 2- 0	4.07	4.728	13147.58	0.45
174	320- 11- 0- 0	4.30	4.744	13145.38	0.91
175	320- 12- 0- 0	4.37	4.746	13145.06	0.45
176	330- 0- 0- 0	3.18	4.464	13183.98	90.27
177	340- 0- 0- 0	3.21	4.482	13181.41	87.54
178	350- 0- 0- 0	3.21	4.482	13181.41	84.82
179	350- 1- 0- 0	3.33	4.487	13180.82	2.04
180	360- 0- 0- 0	3.72	4.739	13146.01	82.77
181	360- 1- 0- 0	3.82	4.740	13145.88	0.55
182	370- 0- 0- 0	3.97	4.864	13128.77	82.23
183	380- 0- 0- 0	4.04	4.896	13124.29	82.23
184	380- 1- 0- 0	4.15	4.951	13116.70	7.27

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/C)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
185	380- 2- 0- 0	4.22	4.960	13115.49	1.82
186	380- 3- 0- 0	4.41	4.972	13113.85	0.91
187	380- 4- 0- 0	4.50	4.975	13113.46	0.45
188	390- 0- 0- 0	4.05	4.906	13122.95	74.96
189	400- 0- 0- 0	4.10	4.928	13119.95	71.78
190	410- 0- 0- 0	4.27	4.998	13110.21	66.33
191	410- 1- 0- 0	4.61	5.097	13096.55	48.61
192	410- 1- 1- 0	4.69	5.121	13093.36	16.35
193	410- 2- 0- 0	5.26	5.225	13078.97	32.25
194	420- 0- 0- 0	4.74	5.146	13089.91	17.72
195	420- 1- 0- 0	4.94	5.149	13089.39	0.27
196	430- 0- 0- 0	4.84	5.164	13087.31	10.63
197	440- 0- 0- 0	5.05	5.301	13068.47	9.45
198	450- 0- 0- 0	5.08	5.306	13067.80	9.27
199	450- 1- 0- 0	5.64	5.341	13062.96	0.91
200	450- 2- 0- 0	5.74	5.344	13062.54	0.45
201	460- 0- 0- 0	5.26	5.409	13053.51	8.36
202	470- 0- 0- 0	5.72	5.473	13044.74	7.90
203	470- 1- 0- 0	5.76	5.479	13043.96	1.82
204	470- 2- 0- 0	5.79	5.481	13043.58	1.36
205	470- 2- 1- 0	5.88	5.484	13043.19	0.45
206	470- 3- 0- 0	5.86	5.486	13042.97	0.91
207	480- 0- 0- 0	5.87	5.489	13042.52	6.09
208	490- 0- 0- 0	6.26	5.531	13036.73	6.09
209	490- 1- 0- 0	6.33	5.532	13036.61	0.18
210	500- 0- 0- 0	6.26	5.531	13036.73	5.91
211	510- 0- 0- 0	7.00	5.609	13026.00	5.91
212	510- 1- 0- 0	7.10	5.618	13024.70	1.36
213	510- 2- 0- 0	7.23	5.626	13023.58	0.91
214	510- 3- 0- 0	7.28	5.628	13023.37	0.45
215	520- 0- 0- 0	7.00	5.609	13026.00	4.54
216	520- 1- 0- 0	7.07	5.615	13025.09	1.36
217	520- 2- 0- 0	7.12	5.618	13024.66	0.91
218	520- 3- 0- 0	7.22	5.622	13024.23	0.45
219	530- 0- 0- 0	7.22	5.619	13024.57	2.73
220	530- 1- 0- 0	7.25	5.623	13024.05	1.82
221	530- 2- 0- 0	7.38	5.635	13022.37	1.36
222	530- 2- 1- 0	7.56	5.641	13021.59	0.45
223	530- 3- 0- 0	7.43	5.638	13021.94	0.91
224	530- 4- 0- 0	7.58	5.643	13021.29	0.45
225	540- 0- 0- 0	7.50	5.637	13022.15	0.91

RESUMEN
****

PERDIDA DE POTENCIA EN KW	=	196.58
PERDIDA DE POTENCIA EN PORCENTAJE	=	5.27

VOLTAJE MINIMO
A CARGA MINIMA =12933.203
EN ESTACION NO. 134

RESULTADOS DE PERFILES DE VOLTAJE PARA CARGA MAXIMA

****

****

FACTOR DE POTENCIA = 0.80

FACTOR DE UTILIZACION = 1.00

VOLTAJE BASE = 13800.00 VOLTIOS

RESULTADOS SIN CAPACITORES FIJOS-ANTES DE UBICAR CAPACITORES DESCONE

****

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (0/0)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
1	0- 0- 0- 0	0.00	0.000	13800.00	344.19
2	10- 0- 0- 0	0.17	1.644	13573.16	344.19
3	20- 0- 0- 0	0.24	1.790	13552.98	343.86
4	20- 1- 0- 0	0.29	1.810	13550.23	4.82
5	20- 1- 1- 0	0.39	1.815	13549.47	0.80
6	20- 2- 0- 0	0.40	1.834	13546.87	3.21
7	20- 2- 1- 0	0.51	1.840	13546.04	0.80
8	20- 3- 0- 0	0.40	1.834	13546.87	2.41
9	20- 3- 1- 0	0.50	1.840	13546.11	0.80
10	20- 4- 0- 0	0.50	1.845	13545.35	1.61
11	20- 4- 1- 0	0.61	1.849	13544.87	0.48
12	20- 5- 0- 0	0.50	1.845	13545.35	1.13
13	20- 5- 1- 0	0.62	1.848	13545.01	0.32
14	20- 6- 0- 0	0.63	1.852	13544.39	0.80
15	30- 0- 0- 0	0.51	2.367	13473.36	339.04
16	30- 1- 0- 0	0.59	2.383	13471.16	2.89
17	30- 1- 1- 0	0.64	2.384	13471.03	0.32
18	30- 2- 0- 0	0.63	2.388	13470.41	2.25
19	30- 3- 0- 0	0.74	2.403	13468.40	1.93
20	30- 3- 1- 0	0.78	2.404	13468.27	0.32
21	30- 4- 0- 0	1.06	2.421	13465.96	0.80
22	35- 0- 0- 0	0.66	3.826	13271.96	336.15
23	40- 0- 0- 0	0.73	3.959	13253.68	335.35
24	40- 1- 0- 0	0.94	4.023	13244.82	4.34
25	40- 2- 0- 0	1.00	4.036	13242.98	3.54
26	40- 3- 0- 0	1.09	4.054	13240.51	2.73
27	40- 4- 0- 0	1.27	4.078	13237.22	1.93
28	40- 5- 0- 0	1.50	4.096	13234.76	1.13
29	40- 6- 0- 0	1.57	4.100	13234.23	0.80
30	50- 0- 0- 0	0.76	4.019	13245.36	331.01
31	60- 0- 0- 0	0.88	4.259	13212.20	329.40
32	70- 0- 0- 0	0.97	4.449	13185.98	329.08
33	80- 0- 0- 0	1.06	4.619	13162.55	328.76
34	90- 0- 0- 0	1.13	4.759	13143.27	328.44

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
35	90- 1- 0- 0	1.18	4.861	13129.25	26.85
36	90- 1- 1- 0	1.30	4.880	13126.50	2.41
37	90- 1- 2- 0	1.41	4.893	13124.82	1.61
38	90- 2- 0- 0	1.48	5.342	13062.86	23.31
39	90- 3- 0- 0	1.53	5.416	13052.56	21.70
40	90- 3- 1- 0	1.72	5.448	13048.21	2.41
41	90- 3- 2- 0	1.86	5.455	13047.18	0.80
42	90- 4- 0- 0	1.76	5.480	13043.79	4.02
43	90- 5- 0- 0	1.81	5.491	13042.26	3.21
44	90- 5- 1- 0	1.94	5.498	13041.31	0.80
45	90- 6- 0- 0	1.87	5.501	13040.89	2.41
46	90- 7- 0- 0	2.00	5.515	13038.98	1.61
47	90- 8- 0- 0	2.09	5.520	13038.26	0.80
48	100- 0- 0- 0	1.14	4.786	13139.47	301.59
49	110- 0- 0- 0	1.24	4.969	13114.25	300.79
50	120- 0- 0- 0	1.30	5.079	13099.15	299.98
51	130- 0- 0- 0	1.46	5.360	13060.26	299.18
52	130- 1- 0- 0	1.49	5.364	13059.73	1.61
53	130- 2- 0- 0	1.61	5.371	13058.81	0.80
54	140- 0- 0- 0	1.58	5.577	13030.39	296.77
55	140- 1- 0- 0	1.65	5.592	13028.25	3.21
56	140- 2- 0- 0	1.74	5.607	13026.20	2.41
57	140- 3- 0- 0	1.77	5.609	13025.93	0.80
58	150- 0- 0- 0	1.66	5.719	13010.80	291.95
59	150- 1- 0- 0	1.74	5.742	13007.56	4.02
60	150- 2- 0- 0	1.83	5.762	13004.81	3.21
61	150- 2- 1- 0	1.89	5.766	13004.36	0.80
62	150- 3- 0- 0	1.99	5.780	13002.37	1.61
63	150- 3- 1- 0	2.03	5.782	13002.07	0.80
64	150- 4- 0- 0	2.03	5.782	13002.11	0.80
65	160- 0- 0- 0	1.78	5.938	12980.62	287.93
66	160- 1- 0- 0	1.80	5.940	12980.31	1.61
67	160- 2- 0- 0	1.83	5.941	12980.09	0.80
68	170- 0- 0- 0	2.06	6.425	12913.38	286.32
69	170- 1- 0- 0	2.11	6.450	12909.95	7.23
70	170- 2- 0- 0	2.20	6.489	12904.45	6.43
71	170- 2- 1- 0	2.24	6.496	12903.54	2.41
72	170- 3- 0- 0	2.27	6.509	12901.79	4.02
73	170- 4- 0- 0	2.32	6.520	12900.26	3.21
74	170- 4- 1- 0	2.38	6.526	12899.34	1.61
75	170- 5- 0- 0	2.39	6.527	12899.27	1.61
76	170- 6- 0- 0	2.49	6.533	12898.46	0.80
77	180- 0- 0- 0	2.19	6.645	12882.99	278.77
78	180- 1- 0- 0	2.25	6.657	12881.31	3.21
79	180- 2- 0- 0	2.35	6.668	12879.79	1.61
80	180- 3- 0- 0	2.43	6.673	12879.14	0.80
81	190- 0- 0- 0	2.39	6.972	12837.93	275.55
82	200- 0- 0- 0	2.48	7.122	12817.12	275.55
83	200- 1- 0- 0	2.91	7.218	12803.85	3.21
84	200- 1- 1- 0	2.92	7.220	12803.70	1.61

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
85	200- 1- 2- 0	3.12	7.231	12802.17	0.80
86	200- 2- 0- 0	3.10	7.239	12800.95	1.61
87	200- 3- 0- 0	3.18	7.248	12799.80	1.61
88	200- 4- 0- 0	3.35	7.257	12798.47	0.80
89	300- 0- 0- 0	2.52	7.188	12808.06	270.33
90	300- 1- 0- 0	2.87	7.765	12728.46	93.27
91	300- 1- 1- 0	2.97	7.776	12726.93	1.61
92	300- 1- 2- 0	3.03	7.779	12726.47	0.80
93	300- 2- 0- 0	3.01	7.992	12697.17	91.66
94	300- 2- 1- 0	3.05	7.994	12696.82	0.80
95	300- 3- 0- 0	3.04	8.040	12690.52	90.85
96	300- 4- 0- 0	3.08	8.290	12656.02	90.85
97	300- 4- 1- 0	3.17	8.295	12655.33	0.80
98	300- 5- 0- 0	3.12	8.568	12617.55	90.05
99	300- 5- 1- 0	3.21	8.597	12613.66	4.82
100	300- 5- 2- 0	3.26	8.608	12612.13	3.21
101	300- 5- 3- 0	3.36	8.624	12609.84	2.41
102	300- 5- 4- 0	3.46	8.635	12608.32	1.61
103	300- 5- 5- 0	3.55	8.641	12607.59	0.80
104	300- 6- 0- 0	3.16	8.621	12610.27	85.23
105	300- 6- 1- 0	3.20	8.629	12609.25	2.41
106	300- 6- 2- 0	3.30	8.639	12607.79	1.61
107	300- 6- 3- 0	3.34	8.642	12607.45	0.80
108	300- 7- 0- 0	3.33	9.618	12472.68	82.82
109	300- 7- 1- 0	3.39	9.630	12471.00	3.21
110	300- 7- 2- 0	3.49	9.647	12468.71	2.41
111	300- 7- 3- 0	3.59	9.658	12467.19	1.61
112	300- 7- 4- 0	3.68	9.663	12466.50	0.80
113	300- 8- 0- 0	3.37	9.674	12465.00	78.80
114	300- 8- 1- 0	3.42	9.679	12464.31	1.61
115	300- 8- 2- 0	3.50	9.684	12463.66	0.80
116	300- 9- 0- 0	3.50	10.364	12369.73	77.19
117	300- 10- 0- 0	3.52	10.391	12366.00	76.39
118	300- 10- 1- 0	3.57	10.401	12364.63	3.21
119	300- 10- 2- 0	3.66	10.417	12362.46	2.41
120	300- 10- 3- 0	3.76	10.428	12360.93	1.61
121	300- 10- 4- 0	3.85	10.433	12360.24	0.80
122	300- 11- 0- 0	3.56	10.437	12359.76	73.17
123	300- 11- 1- 0	3.60	10.439	12359.42	0.80
124	300- 12- 0- 0	3.68	10.590	12338.58	72.37
125	300- 12- 1- 0	3.71	10.607	12336.29	8.04
126	300- 12- 2- 0	3.80	10.651	12330.11	7.23
127	300- 12- 3- 0	3.90	10.698	12323.70	6.43
128	300- 12- 4- 0	3.94	10.711	12321.87	4.82
129	300- 12- 5- 0	3.99	10.722	12320.35	3.21
130	300- 12- 6- 0	4.13	10.737	12318.29	1.61
131	300- 13- 0- 0	3.74	10.658	12329.17	64.33
132	300- 13- 1- 0	4.13	11.018	12279.46	52.28
133	300- 13- 2- 0	4.20	11.067	12272.72	28.16
134	300- 13- 3- 0	4.26	11.095	12268.96	25.75

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
135	300- 14- 0- 0	3.77	10.687	12325.16	12.06
136	300- 15- 0- 0	3.92	10.791	12310.78	10.45
137	300- 16- 0- 0	3.96	10.821	12306.66	9.64
138	300- 17- 0- 0	4.10	10.906	12294.91	8.84
139	300- 17- 1- 0	4.18	10.923	12292.62	3.21
140	300- 17- 2- 0	4.22	10.930	12291.71	2.41
141	300- 17- 3- 0	4.25	10.933	12291.25	1.61
142	300- 17- 4- 0	4.29	10.935	12290.94	0.80
143	300- 18- 0- 0	4.14	10.922	12292.77	5.63
144	300- 19- 0- 0	4.31	10.978	12284.99	4.82
145	300- 19- 1- 0	4.35	10.985	12284.07	2.41
146	300- 19- 2- 0	4.43	10.994	12282.86	1.61
147	300- 20- 0- 0	4.38	10.989	12283.50	2.41
148	300- 21- 0- 0	4.41	10.992	12283.04	1.61
149	300- 22- 0- 0	4.49	10.997	12282.43	0.80
150	310- 0- 0- 0	2.92	7.618	12748.66	177.06
151	310- 1- 0- 0	3.04	7.622	12748.16	1.29
152	320- 0- 0- 0	2.98	7.688	12739.07	175.78
153	320- 1- 0- 0	3.05	7.713	12735.58	16.88
154	320- 2- 0- 0	3.06	7.717	12735.01	15.59
155	320- 2- 1- 0	3.13	7.721	12734.47	2.41
156	320- 3- 0- 0	3.14	7.785	12725.62	13.18
157	320- 4- 0- 0	3.46	8.068	12686.55	12.86
158	320- 4- 1- 0	3.49	8.074	12685.75	2.41
159	320- 4- 2- 0	3.55	8.081	12684.84	1.61
160	320- 4- 3- 0	3.60	8.083	12684.49	0.80
161	320- 5- 0- 0	3.48	8.083	12684.57	10.45
162	320- 6- 0- 0	3.54	8.126	12678.62	9.64
163	320- 6- 1- 0	3.67	8.133	12677.62	0.80
164	320- 7- 0- 0	3.86	8.303	12654.20	8.04
165	320- 7- 1- 0	3.91	8.306	12653.82	0.80
166	320- 8- 0- 0	3.86	8.303	12654.20	6.43
167	320- 8- 1- 0	3.95	8.313	12652.83	1.61
168	320- 8- 2- 0	4.04	8.318	12652.18	0.80
169	320- 9- 0- 0	3.96	8.334	12649.85	4.82
170	320- 9- 1- 0	4.07	8.341	12648.97	0.80
171	320- 10- 0- 0	3.96	8.334	12649.85	3.21
172	320- 10- 1- 0	4.02	8.341	12648.94	1.61
173	320- 10- 2- 0	4.07	8.344	12648.55	0.80
174	320- 11- 0- 0	4.30	8.372	12644.66	1.61
175	320- 12- 0- 0	4.37	8.376	12644.09	0.80
176	330- 0- 0- 0	3.18	7.876	12713.09	158.90
177	340- 0- 0- 0	3.21	7.909	12708.57	154.08
178	350- 0- 0- 0	3.21	7.909	12708.57	149.26
179	350- 1- 0- 0	3.33	7.917	12707.51	3.62
180	360- 0- 0- 0	3.72	8.360	12646.27	145.64
181	360- 1- 0- 0	3.82	8.362	12646.04	0.96
182	370- 0- 0- 0	3.97	8.580	12615.94	144.67
183	380- 0- 0- 0	4.04	8.637	12608.05	144.67
184	380- 1- 0- 0	4.15	8.735	12594.62	12.86

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
185	380- 2- 0- 0	4.22	8.750	12592.48	3.21
186	380- 3- 0- 0	4.41	8.771	12589.59	1.61
187	380- 4- 0- 0	4.50	8.776	12588.90	0.80
188	390- 0- 0- 0	4.05	8.654	12605.71	131.81
189	400- 0- 0- 0	4.10	8.693	12600.41	126.19
190	410- 0- 0- 0	4.27	8.817	12583.31	116.54
191	410- 1- 0- 0	4.61	8.992	12559.15	86.00
192	410- 1- 1- 0	4.69	9.033	12553.50	28.93
193	410- 2- 0- 0	5.26	9.217	12528.04	57.07
194	420- 0- 0- 0	4.74	9.070	12548.30	30.54
195	420- 1- 0- 0	4.94	9.077	12547.39	0.48
196	430- 0- 0- 0	4.84	9.102	12543.92	18.00
197	440- 0- 0- 0	5.05	9.332	12512.19	15.91
198	450- 0- 0- 0	5.08	9.340	12511.05	15.59
199	450- 1- 0- 0	5.64	9.402	12502.50	1.61
200	450- 2- 0- 0	5.74	9.408	12501.74	0.80
201	460- 0- 0- 0	5.26	9.513	12487.15	13.99
202	470- 0- 0- 0	5.72	9.619	12472.52	13.18
203	470- 1- 0- 0	5.76	9.629	12471.15	3.21
204	470- 2- 0- 0	5.79	9.634	12470.46	2.41
205	470- 2- 1- 0	5.88	9.639	12469.78	0.80
206	470- 3- 0- 0	5.86	9.642	12469.40	1.61
207	480- 0- 0- 0	5.87	9.646	12468.88	9.97
208	490- 0- 0- 0	6.26	9.714	12459.40	9.97
209	490- 1- 0- 0	6.33	9.716	12459.19	0.32
210	500- 0- 0- 0	6.26	9.714	12459.40	9.64
211	510- 0- 0- 0	7.00	9.841	12441.88	9.64
212	510- 1- 0- 0	7.10	9.853	12440.36	1.61
213	510- 2- 0- 0	7.23	9.867	12438.37	1.61
214	510- 3- 0- 0	7.28	9.870	12437.99	0.80
215	520- 0- 0- 0	7.00	9.841	12441.88	8.04
216	520- 1- 0- 0	7.07	9.853	12440.28	2.41
217	520- 2- 0- 0	7.12	9.859	12439.52	1.61
218	520- 3- 0- 0	7.22	9.864	12438.75	0.80
219	530- 0- 0- 0	7.22	9.860	12439.35	4.82
220	530- 1- 0- 0	7.25	9.866	12438.44	3.21
221	530- 2- 0- 0	7.38	9.888	12435.46	2.41
222	530- 2- 1- 0	7.56	9.898	12434.09	0.80
223	530- 3- 0- 0	7.43	9.893	12434.70	1.61
224	530- 4- 0- 0	7.58	9.902	12433.55	0.80
225	540- 0- 0- 0	7.50	9.891	12435.08	1.61

RESUMEN
****

PERDIDA DE POTENCIA EN KW	=	611.30
PERDIDA DE POTENCIA EN PORCENTAJE	=	9.27

VOLTAJE MINIMO
A CARGA MINIMA =12933.203
EN ESTACION NO. 134

EL PORCENTAJE DE REGULACION ES 5.13597

VOLTAJE MINIMO
A CARGA MAXIMA =12268.957
EN ESTACION NO. 134

RESULTADOS DESPUES DE UBICAR BANCOS DE CAPACITORES FIJOS
****

FACTOR DE POTENCIA = 0.922
FACTOR DE UTILIZACION = 1.000
FACTOR DE PERDIDAS = 0.385
FACTOR DE CARGA = 0.590

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
1	0	0	0	0	0.00	13800.00	1
2	10	0	0	0	0.59	13718.49	1
3	20	0	0	0	0.64	13711.21	1
4	20	1	0	0	0.65	13710.07	1
5	20	1	1	0	0.65	13709.76	1
6	20	2	0	0	0.66	13708.69	1
7	20	2	1	0	0.66	13708.34	1
8	20	3	0	0	0.66	13708.69	1
9	20	3	1	0	0.66	13708.37	1
10	20	4	0	0	0.67	13708.06	1
11	20	4	1	0	0.67	13707.86	1
12	20	5	0	0	0.67	13708.06	1
13	20	5	1	0	0.67	13707.92	1
14	20	6	0	0	0.67	13707.67	1
15	30	0	0	0	0.85	13682.48	1
16	30	1	0	0	0.86	13681.57	1
17	30	1	1	0	0.86	13681.52	1
18	30	2	0	0	0.86	13681.26	1
19	30	3	0	0	0.87	13680.43	1
20	30	3	1	0	0.87	13680.37	1
21	30	4	0	0	0.87	13679.43	1
22	35	0	0	0	1.38	13610.11	1
23	40	0	0	0	1.42	13603.51	1
24	40	1	0	0	1.45	13599.86	1
25	40	2	0	0	1.46	13599.09	1
26	40	3	0	0	1.46	13598.08	1
27	40	4	0	0	1.47	13596.72	1
28	40	5	0	0	1.48	13595.70	1
29	40	6	0	0	1.48	13595.48	1
30	50	0	0	0	1.45	13600.50	1
31	60	0	0	0	1.53	13588.54	1
32	70	0	0	0	1.60	13579.08	1
33	80	0	0	0	1.66	13570.62	1
34	90	0	0	0	1.71	13563.66	1

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
35	90	1	0	C	1.75	13557.88	1
36	90	1	1	C	1.76	13556.75	1
37	90	1	2	C	1.77	13556.05	1
38	90	2	0	0	1.95	13530.50	1
39	90	3	0	0	1.98	13526.25	1
40	90	3	1	C	2.00	13524.46	1
41	90	3	2	0	2.00	13524.03	1
42	90	4	0	C	2.01	13522.63	1
43	90	5	0	C	2.01	13522.00	1
44	90	5	1	C	2.02	13521.61	1
45	90	6	0	0	2.02	13521.43	1
46	90	7	0	C	2.02	13520.65	1
47	90	8	0	C	2.03	13520.35	1
48	100	0	0	0	1.72	13562.29	1
49	110	0	0	0	1.79	13553.19	1
50	120	0	0	C	1.83	13547.74	1
51	130	0	0	0	1.93	13533.70	1
52	130	1	0	0	1.93	13533.48	1
53	130	2	0	C	1.93	13533.10	1
54	140	0	0	0	2.01	13522.92	1
55	140	1	0	0	2.01	13522.04	1
56	140	2	0	0	2.02	13521.19	1
57	140	3	0	C	2.02	13521.08	1
58	150	0	0	C	2.06	13515.85	1
59	150	1	0	0	2.07	13514.51	1
60	150	2	0	0	2.08	13513.38	1
61	150	2	1	0	2.08	13513.19	1
62	150	3	0	C	2.08	13512.37	1
63	150	3	1	0	2.09	13512.25	1
64	150	4	0	0	2.09	13512.26	1
65	160	0	0	C	2.14	13504.95	1
66	160	1	0	C	2.14	13504.83	1
67	160	2	0	0	2.14	13504.73	1
68	170	0	0	0	2.31	13480.68	1
69	170	1	0	C	2.32	13479.26	1
70	170	2	0	C	2.34	13477.00	1
71	170	2	1	0	2.34	13476.62	1
72	170	3	0	C	2.35	13475.89	1
73	170	4	0	C	2.35	13475.27	1
74	170	4	1	C	2.36	13474.89	1
75	170	5	0	0	2.36	13474.86	1
76	170	6	0	C	2.36	13474.53	1
77	180	0	0	C	2.39	13469.71	1
78	180	1	0	C	2.40	13469.02	1
79	180	2	0	C	2.40	13468.39	1
80	180	3	0	0	2.40	13468.12	1
81	190	0	0	0	2.51	13453.44	3
82	200	0	0	C	2.57	13445.93	1
83	200	1	0	0	2.61	13440.45	1
84	200	1	1	C	2.61	13440.39	1

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
85	200	1	2	C	2.61	13439.76	1
86	200	2	0	C	2.61	13439.25	1
87	200	3	0	C	2.62	13438.79	1
88	200	4	0	0	2.62	13438.23	1
89	300	0	0	C	2.59	13442.65	1
90	300	1	0	0	2.84	13408.37	1
91	300	1	1	C	2.84	13407.74	1
92	300	1	2	C	2.84	13407.55	1
93	300	2	0	C	2.94	13394.89	1
94	300	2	1	C	2.94	13394.75	1
95	300	3	0	0	2.96	13392.02	3
96	300	4	0	C	3.06	13377.79	1
97	300	4	1	C	3.06	13377.51	1
98	300	5	0	C	3.17	13361.93	1
99	300	5	1	C	3.19	13360.32	1
100	300	5	2	C	3.19	13359.69	1
101	300	5	3	0	3.20	13358.75	1
102	300	5	4	C	3.20	13358.12	1
103	300	5	5	C	3.20	13357.82	1
104	300	6	0	C	3.20	13358.79	1
105	300	6	1	0	3.20	13358.37	1
106	300	6	2	0	3.20	13357.77	1
107	300	6	3	0	3.21	13357.63	1
108	300	7	0	0	3.61	13302.04	1
109	300	7	1	C	3.61	13301.35	1
110	300	7	2	C	3.62	13300.40	1
111	300	7	3	C	3.62	13299.77	1
112	300	7	4	0	3.63	13299.49	1
113	300	8	0	0	3.63	13298.73	1
114	300	8	1	C	3.63	13298.45	1
115	300	8	2	0	3.64	13298.18	1
116	300	9	0	C	3.92	13259.43	1
117	300	10	0	0	3.93	13257.83	1
118	300	10	1	C	3.93	13257.26	1
119	300	10	2	0	3.94	13256.36	1
120	300	10	3	0	3.94	13255.73	1
121	300	10	4	C	3.95	13255.45	1
122	300	11	0	C	3.95	13255.14	1
123	300	11	1	0	3.95	13255.00	1
124	300	12	0	C	4.01	13246.02	1
125	300	12	1	C	4.02	13245.07	1
126	300	12	2	0	4.04	13242.52	1
127	300	12	3	C	4.06	13239.88	1
128	300	12	4	C	4.06	13239.12	1
129	300	12	5	C	4.07	13238.50	1
130	300	12	6	C	4.08	13237.64	1
131	300	13	0	0	4.04	13241.96	1
132	300	13	1	C	4.20	13220.55	1
133	300	13	2	0	4.22	13217.27	1
134	300	13	3	C	4.23	13215.64	1

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
135	300	14	0	0	4.06	13240.31	1
136	300	15	0	0	4.10	13234.38	1
137	300	16	0	0	4.11	13232.68	1
138	300	17	0	0	4.15	13227.83	1
139	300	17	1	0	4.15	13226.89	1
140	300	17	2	0	4.16	13226.51	1
141	300	17	3	0	4.16	13226.32	1
142	300	17	4	0	4.16	13226.20	1
143	300	18	0	0	4.15	13226.95	1
144	300	19	0	0	4.18	13223.74	1
145	300	19	1	0	4.18	13223.36	1
146	300	19	2	0	4.18	13222.86	1
147	300	20	0	0	4.18	13223.12	1
148	300	21	0	0	4.18	13222.94	1
149	300	22	0	0	4.18	13222.68	1
150	310	0	0	0	2.75	13421.17	1
151	310	1	0	0	2.75	13420.93	1
152	320	0	0	0	2.77	13417.71	1
153	320	1	0	0	2.78	13416.00	1
154	320	2	0	0	2.78	13415.76	1
155	320	2	1	0	2.79	13415.50	1
156	320	3	0	0	2.81	13411.89	1
157	320	4	0	0	2.93	13395.77	1
158	320	4	1	0	2.93	13395.44	1
159	320	4	2	0	2.93	13395.06	1
160	320	4	3	0	2.94	13394.92	1
161	320	5	0	0	2.94	13394.95	1
162	320	6	0	0	2.95	13392.50	1
163	320	6	1	0	2.96	13392.09	1
164	320	7	0	0	3.03	13382.43	1
165	320	7	1	0	3.03	13382.27	1
166	320	8	0	0	3.03	13382.43	1
167	320	8	1	0	3.03	13381.86	1
168	320	8	2	0	3.03	13381.59	1
169	320	9	0	0	3.04	13380.63	1
170	320	9	1	0	3.04	13380.27	1
171	320	10	0	0	3.04	13380.63	1
172	320	10	1	0	3.04	13380.25	1
173	320	10	2	0	3.04	13380.10	1
174	320	11	0	0	3.05	13378.49	1
175	320	12	0	0	3.06	13378.26	1
176	330	0	0	0	2.84	13408.30	1
177	340	0	0	0	2.85	13406.67	1
178	350	0	0	0	2.85	13406.67	1
179	350	1	0	0	2.85	13406.21	1
180	360	0	0	0	3.01	13384.12	1
181	360	1	0	0	3.01	13384.02	1
182	370	0	0	0	3.09	13373.14	3
183	380	0	0	0	3.11	13370.29	1
184	380	1	0	0	3.15	13364.75	1

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
185	380	2	0	0	3.16	13363.86	1
186	380	3	0	0	3.17	13362.67	1
187	380	4	0	0	3.17	13362.39	1
188	390	0	0	0	3.12	13369.23	1
189	400	0	0	0	3.14	13367.32	1
190	410	0	0	0	3.18	13361.12	1
191	410	1	0	0	3.24	13352.42	1
192	410	1	1	0	3.26	13349.99	1
193	410	2	0	0	3.32	13341.22	1
194	420	0	0	0	3.29	13345.64	1
195	420	1	0	0	3.30	13345.27	1
196	430	0	0	0	3.31	13343.67	1
197	440	0	0	0	3.41	13329.92	1
198	450	0	0	0	3.41	13329.40	1
199	450	1	0	0	3.44	13325.88	1
200	450	2	0	0	3.44	13325.56	1
201	460	0	0	0	3.49	13318.98	2
202	470	0	0	0	3.53	13312.30	1
203	470	1	0	0	3.54	13311.73	1
204	470	2	0	0	3.54	13311.45	1
205	470	2	1	0	3.54	13311.16	1
206	470	3	0	0	3.54	13311.00	1
207	480	0	0	0	3.55	13310.60	3
208	490	0	0	0	3.58	13306.19	1
209	490	1	0	0	3.58	13306.10	1
210	500	0	0	0	3.58	13306.19	1
211	510	0	0	0	3.64	13298.01	1
212	510	1	0	0	3.64	13297.07	1
213	510	2	0	0	3.65	13296.25	1
214	510	3	0	0	3.65	13296.09	1
215	520	0	0	0	3.64	13298.01	1
216	520	1	0	0	3.64	13297.35	1
217	520	2	0	0	3.64	13297.04	1
218	520	3	0	0	3.65	13296.72	1
219	530	0	0	0	3.65	13296.92	1
220	530	1	0	0	3.65	13296.54	1
221	530	2	0	0	3.66	13295.32	1
222	530	2	1	0	3.66	13294.75	1
223	530	3	0	0	3.66	13295.00	1
224	530	4	0	0	3.66	13294.53	1
225	540	0	0	0	3.66	13295.16	1

RESULTADOS DESPUES DE UBICAR BANCOS DE CAPACITORES DESCONECTABLES
INCLUYENDO CAPACITORES FIJOS

****

FACTOR DE POTENCIA = 0.993
FACTOR DE UTILIZACION = 1.000
FACTOR DE PERDIDAS = 0.351
FACTOR DE CARGA = 0.590

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
1	0	0	0	C	0.00	13800.00	1
2	10	0	0	0	0.64	13712.32	1
3	20	0	0	0	0.69	13704.43	1
4	20	1	0	0	0.70	13702.89	1
5	20	1	1	0	0.71	13702.47	1
6	20	2	0	0	0.72	13701.02	1
7	20	2	1	0	0.72	13700.55	1
8	20	3	0	0	0.72	13701.02	1
9	20	3	1	0	0.72	13700.60	1
10	20	4	0	0	0.72	13700.17	1
11	20	4	1	0	0.73	13699.90	1
12	20	5	0	0	0.72	13700.17	1
13	20	5	1	0	0.72	13699.98	1
14	20	6	0	0	0.73	13699.64	1
15	30	0	0	0	0.92	13673.27	1
16	30	1	0	0	0.93	13672.05	1
17	30	1	1	0	0.93	13671.97	1
18	30	2	0	0	0.93	13671.63	1
19	30	3	0	0	0.94	13670.51	1
20	30	3	1	0	0.94	13670.43	1
21	30	4	0	0	0.95	13669.14	1
22	35	0	0	0	1.48	13595.43	1
23	40	0	0	0	1.53	13588.28	1
24	40	1	0	0	1.57	13583.34	1
25	40	2	0	0	1.58	13582.31	1
26	40	3	0	0	1.59	13580.93	1
27	40	4	0	0	1.60	13579.10	1
28	40	5	0	0	1.61	13577.73	1
29	40	6	0	0	1.61	13577.43	1
30	50	0	0	0	1.56	13585.02	1
31	60	0	0	0	1.65	13572.05	1
32	70	0	0	0	1.73	13561.79	1
33	80	0	0	0	1.79	13552.62	1
34	90	0	0	0	1.85	13545.07	1

RESUMEN
****

PERDIDA DE POTENCIA EN Kw = 157.41

PERDIDA DE POTENCIA EN PORCENTAJE = 4.22

LA CAPACIDAD NECESARIA EN KVAR FIJOS ES 1226.135

BANCO DE CAPACITORES
RAMAL 1-225
NUMERO DE CAPACITORES = 1

CAPACIDAD DEL BANCO (KVAR)	UBICACION DEL BANCO
1226.135	ESTACION NO. 201

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
35	90	1	0	0	1.90	13537.26	1
36	90	1	1	0	1.92	13535.73	1
37	90	1	2	0	1.92	13534.79	1
38	90	2	0	0	2.17	13500.24	1
39	90	3	0	0	2.21	13494.50	1
40	90	3	1	0	2.23	13492.07	1
41	90	3	2	0	2.24	13491.50	1
42	90	4	0	0	2.25	13489.60	1
43	90	5	0	0	2.26	13488.75	1
44	90	5	1	0	2.26	13488.22	1
45	90	6	0	0	2.26	13487.98	1
46	90	7	0	0	2.27	13486.92	1
47	90	8	0	0	2.27	13486.52	1
48	100	0	0	0	1.86	13543.59	1
49	110	0	0	0	1.93	13533.72	1
50	120	0	0	0	1.97	13527.81	1
51	130	0	0	0	2.08	13512.59	1
52	130	1	0	0	2.08	13512.30	1
53	130	2	0	0	2.09	13511.79	1
54	140	0	0	0	2.17	13500.91	1
55	140	1	0	0	2.18	13499.71	1
56	140	2	0	0	2.18	13498.57	1
57	140	3	0	0	2.19	13498.42	1
58	150	0	0	0	2.22	13493.24	1
59	150	1	0	0	2.24	13491.43	1
60	150	2	0	0	2.25	13489.90	1
61	150	2	1	0	2.25	13489.65	1
62	150	3	0	0	2.26	13488.54	1
63	150	3	1	0	2.26	13488.37	1
64	150	4	0	0	2.26	13488.39	1
65	160	0	0	0	2.31	13481.43	1
66	160	1	0	0	2.31	13481.26	1
67	160	2	0	0	2.31	13481.13	1
68	170	0	0	0	2.50	13455.12	1
69	170	1	0	0	2.51	13453.21	1
70	170	2	0	0	2.54	13450.14	1
71	170	2	1	0	2.54	13449.63	1
72	170	3	0	0	2.55	13448.66	1
73	170	4	0	0	2.55	13447.80	1
74	170	4	1	0	2.56	13447.29	1
75	170	5	0	0	2.56	13447.25	1
76	170	6	0	0	2.56	13446.80	1
77	180	0	0	0	2.59	13443.23	1
78	180	1	0	0	2.59	13442.29	1
79	180	2	0	0	2.60	13441.44	1
80	180	3	0	0	2.60	13441.08	1
81	190	0	0	0	2.71	13425.60	3
82	200	0	0	0	2.77	13417.46	1
83	200	1	0	0	2.83	13410.05	1
84	200	1	1	0	2.83	13409.97	1

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
85	200	1	2	C	2.83	13409.12	1
86	200	2	C	C	2.84	13408.44	1
87	200	3	C	C	2.84	13407.80	1
88	200	4	C	C	2.85	13407.05	1
89	300	C	C	C	2.80	13413.91	1
90	300	1	C	C	3.15	13364.91	1
91	300	1	1	C	3.16	13364.07	1
92	300	1	2	C	3.16	13363.81	1
93	300	2	C	C	3.29	13345.66	1
94	300	2	1	C	3.29	13345.46	1
95	300	3	C	C	3.32	13341.57	3
96	300	4	C	C	3.46	13322.33	1
97	300	4	1	C	3.46	13321.95	1
98	300	5	C	C	3.62	13300.87	1
99	300	5	1	C	3.63	13298.70	1
100	300	5	2	C	3.64	13297.86	1
101	300	5	3	C	3.65	13296.58	1
102	300	5	4	C	3.65	13295.73	1
103	300	5	5	C	3.66	13295.32	1
104	300	6	C	C	3.65	13296.40	1
105	300	6	1	C	3.65	13295.82	1
106	300	6	2	C	3.66	13295.02	1
107	300	6	3	C	3.66	13294.82	1
108	300	7	C	C	4.21	13219.68	1
109	300	7	1	C	4.21	13218.74	1
110	300	7	2	C	4.22	13217.46	1
111	300	7	3	C	4.23	13216.61	1
112	300	7	4	C	4.23	13216.23	1
113	300	8	C	C	4.24	13214.95	1
114	300	8	1	C	4.24	13214.56	1
115	300	8	2	C	4.24	13214.20	1
116	300	9	C	C	4.62	13161.82	1
117	300	10	C	C	4.64	13159.53	1
118	300	10	1	C	4.65	13158.76	1
119	300	10	2	C	4.66	13157.55	1
120	300	10	3	C	4.66	13156.70	1
121	300	10	4	C	4.66	13156.32	1
122	300	11	C	C	4.67	13155.68	1
123	300	11	1	C	4.67	13155.49	1
124	300	12	C	C	4.76	13142.65	1
125	300	12	1	C	4.77	13141.37	1
126	300	12	2	C	4.80	13137.93	1
127	300	12	3	C	4.82	13134.36	1
128	300	12	4	C	4.83	13133.33	1
129	300	12	5	C	4.84	13132.48	1
130	300	12	6	C	4.85	13131.33	1
131	300	13	C	C	4.81	13136.86	1
132	300	13	1	C	5.03	13106.26	1
133	300	13	2	C	5.07	13100.91	1
134	300	13	3	C	5.08	13098.59	1

NUMERO DE LA ESTACION					CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
135	300	14	0	0	4.82	13134.62	1
136	300	15	0	0	4.88	13126.60	1
137	300	16	0	0	4.90	13124.30	1
138	300	17	0	0	4.94	13117.75	1
139	300	17	1	0	4.95	13116.48	1
140	300	17	2	0	4.96	13115.96	1
141	300	17	3	0	4.96	13115.71	1
142	300	17	4	0	4.96	13115.54	1
143	300	18	0	0	4.95	13116.56	1
144	300	19	0	0	4.98	13112.22	1
145	300	19	1	0	4.99	13111.71	1
146	300	19	2	0	4.99	13111.03	1
147	300	20	0	0	4.99	13111.39	1
148	300	21	0	0	4.99	13111.14	1
149	300	22	0	0	4.99	13110.80	1
150	310	0	0	0	2.97	13390.67	1
151	310	1	0	0	2.97	13390.28	1
152	320	0	0	0	2.99	13386.92	1
153	320	1	0	0	3.01	13384.14	1
154	320	2	0	0	3.02	13383.79	1
155	320	2	1	0	3.02	13383.36	1
156	320	3	0	0	3.05	13378.55	1
157	320	4	0	0	3.21	13356.77	1
158	320	4	1	0	3.22	13356.32	1
159	320	4	2	0	3.22	13355.81	1
160	320	4	3	0	3.22	13355.62	1
161	320	5	0	0	3.22	13355.66	1
162	320	6	0	0	3.24	13352.34	1
163	320	6	1	0	3.25	13351.79	1
164	320	7	0	0	3.34	13338.73	1
165	320	7	1	0	3.34	13338.52	1
166	320	8	0	0	3.34	13338.73	1
167	320	8	1	0	3.35	13337.96	1
168	320	8	2	0	3.35	13337.60	1
169	320	9	0	0	3.36	13336.30	1
170	320	9	1	0	3.36	13335.81	1
171	320	10	0	0	3.36	13336.30	1
172	320	10	1	0	3.36	13335.79	1
173	320	10	2	0	3.37	13335.58	1
174	320	11	0	0	3.38	13333.41	1
175	320	12	0	0	3.38	13333.09	1
176	330	0	0	0	3.07	13376.75	1
177	340	0	0	0	3.08	13374.98	1
178	350	0	0	0	3.08	13374.98	1
179	350	1	0	0	3.08	13374.33	1
180	360	0	0	0	3.26	13350.61	1
181	360	1	0	0	3.26	13350.46	1
182	370	0	0	0	3.34	13338.73	3
183	380	0	0	0	3.36	13335.65	1
184	380	1	0	0	3.42	13328.16	1

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
185	380	2	0	0	3.43	13326.97	1
186	380	3	0	0	3.44	13325.36	1
187	380	4	0	0	3.44	13324.97	1
188	390	0	0	0	3.38	13334.10	1
189	400	0	0	0	3.39	13332.03	1
190	410	0	0	0	3.44	13325.34	1
191	410	1	0	0	3.51	13315.88	1
192	410	1	1	0	3.53	13312.41	1
193	410	2	0	0	3.60	13303.71	1
194	420	0	0	0	3.60	13303.79	1
195	420	1	0	0	3.60	13303.28	1
196	430	0	0	0	3.62	13301.09	1
197	440	0	0	0	3.74	13283.40	1
198	450	0	0	0	3.75	13282.70	1
199	450	1	0	0	3.78	13277.93	1
200	450	2	0	0	3.79	13277.51	1
201	460	0	0	0	3.85	13269.37	2
202	470	0	0	0	3.91	13260.37	1
203	470	1	0	0	3.92	13259.61	1
204	470	2	0	0	3.92	13259.22	1
205	470	2	1	0	3.92	13258.84	1
206	470	3	0	0	3.92	13258.62	1
207	480	0	0	0	3.93	13258.12	3
208	490	0	0	0	3.97	13252.29	1
209	490	1	0	0	3.97	13252.17	1
210	500	0	0	0	3.97	13252.29	1
211	510	0	0	0	4.05	13241.51	3
212	510	1	0	0	4.05	13240.66	3
213	510	2	0	0	4.06	13239.55	1
214	510	3	0	0	4.06	13239.34	1
215	520	0	0	0	4.05	13241.51	1
216	520	1	0	0	4.05	13240.61	1
217	520	2	0	0	4.06	13240.19	1
218	520	3	0	0	4.06	13239.76	1
219	530	0	0	0	4.06	13239.95	1
220	530	1	0	0	4.06	13239.44	1
221	530	2	0	0	4.07	13237.78	1
222	530	2	1	0	4.08	13237.02	1
223	530	3	0	0	4.08	13237.36	1
224	530	4	0	0	4.08	13236.72	1
225	540	0	0	0	4.08	13237.57	1

RESUMEN
****

PERDIDA DE POTENCIA EN KW = 446.90

PERDIDA DE POTENCIA EN PORCENTAJE = 6.77

LA CAPACIDAD TOTAL NECESARIA EN KVAR ES 2952.081

VOLTAJE MINIMO DESPUES DE REGULACION 13098.586

EL PORCENTAJE DE REGULACION ES 0.88576

BANCO DE CAPACITORES
RAMAL 1-225
NUMERO DE CAPACITORES = 1

CAPACIDAD DEL BANCO (KVAR)	UBICACION DEL BANCO
1725.946	ESTACION NO. 201

CALCULO DE CAPACIDAD MAXIMA DE LA ALIMENTADORA CON CAPACITORES FIJOS Y DESCONECTABLES Y 5% DE CAIDA DE VOLTAJE MAXIMA

RESULTADOS DESPUES DE UBICAR BANCOS DE CAPACITORES DESCONECTABLES
INCLUYENDO CAPACITORES FIJOS

****

FACTOR DE POTENCIA = 0.988
FACTOR DE UTILIZACION = 1.000
FACTOR DE PERDIDAS = 0.354
FACTOR DE CARGA = 0.590

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
1	0	0	0	0	0.00	13800.00	1
2	10	0	0	0	0.78	13691.77	1
3	20	0	0	0	0.85	13682.03	1
4	20	1	0	0	0.87	13680.21	1
5	20	1	1	0	0.87	13679.70	1
6	20	2	0	0	0.88	13677.98	1
7	20	2	1	0	0.89	13677.43	1
8	20	3	0	0	0.88	13677.98	1
9	20	3	1	0	0.89	13677.48	1
10	20	4	0	0	0.89	13676.97	1
11	20	4	1	0	0.89	13676.65	1
12	20	5	0	0	0.89	13676.97	1
13	20	5	1	0	0.89	13676.75	1
14	20	6	0	0	0.90	13676.34	1
15	30	0	0	0	1.13	13643.63	1
16	30	1	0	0	1.14	13642.17	1
17	30	1	1	0	1.14	13642.08	1
18	30	2	0	0	1.15	13641.68	1
19	30	3	0	0	1.16	13640.34	1
20	30	3	1	0	1.16	13640.25	1
21	30	4	0	0	1.17	13638.72	1
22	35	0	0	0	1.83	13547.53	1
23	40	0	0	0	1.89	13538.71	1
24	40	1	0	0	1.94	13532.84	1
25	40	2	0	0	1.94	13531.62	1
26	40	3	0	0	1.96	13529.98	1
27	40	4	0	0	1.97	13527.80	1
28	40	5	0	0	1.98	13526.17	1
29	40	6	0	0	1.99	13525.82	1
30	50	0	0	0	1.92	13534.70	1
31	60	0	0	0	2.04	13518.71	1
32	70	0	0	0	2.13	13506.06	1
33	80	0	0	0	2.21	13494.76	1
34	90	0	0	0	2.28	13485.46	1

SUBESTACION (GUASMO) ALIMENTADORA (25 DE JUL.)

****

VOLTAJE DE SUBESTACION	=	13800.00
VOLTAJE DE ALIMENTADORA	=	13200.00
VOLTAJE DE CARGA MINIMA	=	13800.00
VOLTAJE DE CARGA MAXIMA	=	13800.00
FACTOR DE DEMANDA	=	1.00
NUMERO DE ESTACIONES	=	225
CAPACIDAD INSTALADA EN KVA	=	10731.00
CAPACIDAD INSTALADA EN CAPACITORES EN LA ALIMENTADORA EN KVAR	=	3000.00
CORRIENTE A MINIMA CARGA EN AMPERIOS	=	195.00
CORRIENTE A MAXIMA CARGA EN AMPERIOS	=	397.00
POTENCIA MINIMA CALCULADA EN Kw	=	3728.65
POTENCIA MAXIMA CALCULADA EN Kw	=	7591.14

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
35	90	1	0	C	2.35	13476.17	1
36	90	1	1	0	2.36	13474.35	1
37	90	1	2	0	2.37	13473.23	1
38	90	2	0	C	2.67	13432.17	1
39	90	3	0	C	2.71	13425.34	1
40	90	3	1	C	2.74	13422.46	1
41	90	3	2	0	2.74	13421.77	1
42	90	4	0	C	2.76	13419.52	1
43	90	5	0	C	2.76	13418.51	1
44	90	5	1	0	2.77	13417.88	1
45	90	6	0	C	2.77	13417.60	1
46	90	7	C	C	2.78	13416.34	1
47	90	8	C	C	2.78	13415.86	1
48	100	0	0	C	2.29	13483.63	1
49	110	0	0	0	2.38	13471.46	1
50	120	C	C	0	2.43	13464.18	1
51	130	0	0	C	2.57	13445.42	1
52	130	1	C	C	2.57	13445.07	1
53	130	2	0	C	2.58	13444.46	1
54	140	0	0	C	2.67	13431.02	1
55	140	1	C	0	2.68	13429.60	1
56	140	2	0	C	2.69	13428.23	1
57	140	3	0	C	2.70	13428.05	1
58	150	C	0	C	2.74	13421.57	1
59	150	1	C	C	2.76	13419.42	1
60	150	2	0	C	2.77	13417.60	1
61	150	2	1	C	2.77	13417.29	1
62	150	3	0	C	2.78	13415.98	1
63	150	3	1	C	2.78	13415.78	1
64	150	4	0	C	2.78	13415.80	1
65	160	0	0	C	2.85	13407.01	1
66	160	1	C	C	2.85	13406.80	1
67	160	2	C	C	2.85	13406.65	1
68	170	0	0	C	3.08	13374.58	1
69	170	1	0	C	3.10	13372.30	1
70	170	2	C	0	3.13	13368.66	1
71	170	2	1	C	3.13	13368.05	1
72	170	3	0	0	3.14	13366.89	1
73	170	4	C	C	3.15	13365.88	1
74	170	4	1	C	3.15	13365.27	1
75	170	5	C	C	3.15	13365.22	1
76	170	6	0	C	3.15	13364.69	1
77	180	0	0	C	3.19	13359.92	1
78	180	1	0	0	3.20	13358.80	1
79	180	2	0	C	3.20	13357.79	1
80	180	3	C	C	3.21	13357.36	1
81	190	0	C	C	3.35	13338.18	3
82	200	0	C	C	3.42	13328.15	1
83	200	1	C	C	3.48	13319.35	1
84	200	1	1	C	3.48	13319.25	1

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
85	200	1	2	C	3.49	13318.24	1
86	200	2	C	C	3.50	13317.43	1
87	200	3	C	C	3.50	13316.67	1
88	200	4	C	C	3.51	13315.79	1
89	300	C	C	C	3.45	13323.78	1
90	300	1	C	C	3.87	13266.02	1
91	300	1	1	C	3.88	13265.01	1
92	300	1	2	C	3.88	13264.70	1
93	300	2	C	C	4.03	13243.31	1
94	300	2	1	C	4.04	13243.09	1
95	300	3	C	C	4.07	13238.49	3
96	300	4	C	C	4.23	13215.62	1
97	300	4	1	C	4.24	13215.17	1
98	300	5	C	C	4.42	13190.12	1
99	300	5	1	C	4.44	13187.55	1
100	300	5	2	C	4.45	13186.54	1
101	300	5	3	C	4.46	13185.02	1
102	300	5	4	C	4.46	13184.00	1
103	300	5	5	C	4.47	13183.52	1
104	300	6	C	C	4.46	13184.85	1
105	300	6	1	C	4.46	13184.16	1
106	300	6	2	C	4.47	13183.20	1
107	300	6	3	C	4.47	13182.98	1
108	300	7	C	C	5.12	13093.65	1
109	300	7	1	C	5.13	13092.54	1
110	300	7	2	C	5.14	13091.02	1
111	300	7	3	C	5.14	13090.01	1
112	300	7	4	C	5.15	13089.55	1
113	300	8	C	C	5.16	13088.07	1
114	300	8	1	C	5.16	13087.62	1
115	300	8	2	C	5.17	13087.19	1
116	300	9	C	C	5.62	13024.93	1
117	300	10	C	C	5.64	13022.23	1
118	300	10	1	C	5.64	13021.32	1
119	300	10	2	C	5.65	13019.88	1
120	300	10	3	C	5.66	13018.87	1
121	300	10	4	C	5.66	13018.41	1
122	300	11	C	C	5.67	13017.70	1
123	300	11	1	C	5.67	13017.47	1
124	300	12	C	C	5.78	13002.33	1
125	300	12	1	C	5.79	13000.82	1
126	300	12	2	C	5.82	12996.72	1
127	300	12	3	C	5.85	12992.47	1
128	300	12	4	C	5.86	12991.26	1
129	300	12	5	C	5.87	12990.25	1
130	300	12	6	C	5.88	12988.88	1
131	300	13	C	C	5.83	12995.50	1
132	300	13	1	C	6.09	12959.43	1
133	300	13	2	C	6.14	12953.23	1
134	300	13	3	C	6.16	12950.50	1

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
135	300	14	0	0	5.85	12992.85	1
136	300	15	0	0	5.92	12983.32	1
137	300	16	0	0	5.94	12980.58	1
138	300	17	0	0	5.99	12972.80	1
139	300	17	1	0	6.01	12971.28	1
140	300	17	2	0	6.01	12970.67	1
141	300	17	3	0	6.01	12970.37	1
142	300	17	4	0	6.01	12970.16	1
143	300	18	0	0	6.00	12971.38	1
144	300	19	0	0	6.04	12966.22	1
145	300	19	1	0	6.05	12965.61	1
146	300	19	2	0	6.05	12964.80	1
147	300	20	0	0	6.05	12965.23	1
148	300	21	0	0	6.05	12964.93	1
149	300	22	0	0	6.05	12964.53	1
150	310	0	0	0	3.66	13295.12	1
151	310	1	0	0	3.66	13294.67	1
152	320	0	0	0	3.69	13290.50	1
153	320	1	0	0	3.72	13287.29	1
154	320	2	0	0	3.72	13286.87	1
155	320	2	1	0	3.72	13286.37	1
156	320	3	0	0	3.76	13280.65	1
157	320	4	0	0	3.95	13254.76	1
158	320	4	1	0	3.95	13254.23	1
159	320	4	2	0	3.96	13253.62	1
160	320	4	3	0	3.96	13253.39	1
161	320	5	0	0	3.96	13253.44	1
162	320	6	0	0	3.99	13249.50	1
163	320	6	1	0	3.99	13248.84	1
164	320	7	0	0	4.11	13233.31	1
165	320	7	1	0	4.11	13233.06	1
166	320	8	0	0	4.11	13233.31	1
167	320	8	1	0	4.11	13232.40	1
168	320	8	2	0	4.12	13231.97	1
169	320	9	0	0	4.13	13230.43	1
170	320	9	1	0	4.13	13229.85	1
171	320	10	0	0	4.13	13230.43	1
172	320	10	1	0	4.13	13229.82	1
173	320	10	2	0	4.13	13229.57	1
174	320	11	0	0	4.15	13226.99	1
175	320	12	0	0	4.15	13226.61	1
176	330	0	0	0	3.78	13277.97	1
177	340	0	0	0	3.80	13275.79	1
178	350	0	0	0	3.80	13275.79	1
179	350	1	0	0	3.80	13275.02	1
180	360	0	0	0	4.02	13245.74	1
181	360	1	0	0	4.02	13245.57	1
182	370	0	0	0	4.12	13231.11	3
183	380	0	0	0	4.15	13227.31	1
184	380	1	0	0	4.21	13218.41	1

	NUMERO DE LA ESTACION				CAIDA A LA SUBESTACION	VOLTAJE (VOLTS)	TIPO
185	380	2	0	0	4.22	13216.99	1
186	380	3	0	0	4.24	13215.07	1
187	380	4	0	0	4.24	13214.61	1
188	390	0	0	0	4.16	13225.49	1
189	400	0	0	0	4.18	13222.94	1
190	410	0	0	0	4.24	13214.69	1
191	410	1	0	0	4.33	13203.04	1
192	410	1	1	0	4.36	13198.94	1
193	410	2	0	0	4.43	13188.03	1
194	420	0	0	0	4.43	13189.29	1
195	420	1	0	0	4.43	13188.68	1
196	430	0	0	0	4.45	13186.11	1
197	440	0	0	0	4.60	13165.07	1
198	450	0	0	0	4.61	13164.25	1
199	450	1	0	0	4.65	13158.59	1
200	450	2	0	0	4.65	13158.08	1
201	460	0	0	0	4.72	13148.41	2
202	470	0	0	0	4.80	13137.80	1
203	470	1	0	0	4.81	13136.89	1
204	470	2	0	0	4.81	13136.43	1
205	470	2	1	0	4.81	13135.98	1
206	470	3	0	0	4.81	13135.72	1
207	480	0	0	0	4.82	13135.15	3
208	490	0	0	0	4.87	13128.27	1
209	490	1	0	0	4.87	13128.13	1
210	500	0	0	0	4.87	13128.27	1
211	510	0	0	0	4.96	13115.56	3
212	510	1	0	0	4.97	13114.55	3
213	510	2	0	0	4.98	13113.23	1
214	510	3	0	0	4.98	13112.98	1
215	520	0	0	0	4.96	13115.56	1
216	520	1	0	0	4.97	13114.50	1
217	520	2	0	0	4.97	13113.99	1
218	520	3	0	0	4.97	13113.49	1
219	530	0	0	0	4.97	13113.73	1
220	530	1	0	0	4.98	13113.12	1
221	530	2	0	0	4.99	13111.15	1
222	530	2	1	0	5.00	13110.24	1
223	530	3	0	0	5.00	13110.64	1
224	530	4	0	0	5.00	13109.88	1
225	540	0	0	0	4.99	13110.89	1

RESUMEN
****

PERDIDA DE POTENCIA EN Kw = 595.06

PERDIDA DE POTENCIA EN PORCENTAJE = 7.84

LA CAPACIDAD TOTAL NECESARIA EN KVAR ES 3283.546

VOLTAJE MINIMO DESPUES DE REGULACION 12950.500

EL PORCENTAJE DE REGULACION ES 2.00629

BANCO DE CAPACITORES
RAMAL 1-225
NUMERO DE CAPACITORES = 1

CAPACIDAD DEL BANCO (KVAR)	UBICACION DEL BANCO
2057.411	ESTACION NO. 201

CALCULO DE CAPACIDAD MAXIMA DE LA ALIMENTADORA SIN CAPACITORES Y 5% DE CAIDA DE VOLTAJE MAXIMA

SUBESTACION (GUASMO) ALIMENTADORA (25 DE JUL.)

****

VOLTAJE DE SUBESTACION	=	13800.00
VOLTAJE DE ALIMENTADORA	=	13200.00
VOLTAJE DE CARGA MINIMA	=	13800.00
VOLTAJE DE CARGA MAXIMA	=	13800.00
FACTOR DE DEMANDA	=	1.00
NUMERO DE ESTACIONES	=	225
CAPACIDAD INSTALADA EN KVA	=	10731.00
CAPACIDAD INSTALADA EN CAPACITORES EN LA ALIMENTADORA EN KVAR	=	3000.00
CORRIENTE A MINIMA CARGA EN AMPERIOS	=	155.00
CORRIENTE A MAXIMA CARGA EN AMPERIOS	=	345.00
POTENCIA MINIMA CALCULADA EN Kw	=	2963.80
POTENCIA MAXIMA CALCULADA EN Kw	=	6596.84

RESULTADOS DE PERFILES DE VOLTAJE PARA CARGA MINIMA

****

****

FACTOR DE POTENCIA = 0.80

FACTOR DE UTILIZACION = 1.00

VOLTAJE BASE = 13800.00 VOLTIOS

RESULTADOS ANTES DE UBICAR BANCOS DE CAPACITORES FIJOS

****

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (0/0)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
1	0- 0- 0- 0	0.00	0.000	13800.00	155.00
2	10- 0- 0- 0	0.17	0.740	13697.85	155.00
3	20- 0- 0- 0	0.24	0.806	13688.76	154.85
4	20- 1- 0- 0	0.29	0.815	13687.52	2.17
5	20- 1- 1- 0	0.39	0.818	13687.18	0.36
6	20- 2- 0- 0	0.40	0.826	13686.02	1.44
7	20- 2- 1- 0	0.51	0.829	13685.64	0.36
8	20- 3- 0- 0	0.40	0.826	13686.02	1.08
9	20- 3- 1- 0	0.50	0.828	13685.67	0.36
10	20- 4- 0- 0	0.50	0.831	13685.33	0.72
11	20- 4- 1- 0	0.61	0.833	13685.11	0.22
12	20- 5- 0- 0	0.50	0.831	13685.33	0.51
13	20- 5- 1- 0	0.62	0.832	13685.18	0.14
14	20- 6- 0- 0	0.63	0.834	13684.90	0.36
15	30- 0- 0- 0	0.51	1.066	13652.90	152.69
16	30- 1- 0- 0	0.59	1.073	13651.91	1.30
17	30- 1- 1- 0	0.64	1.074	13651.85	0.14
18	30- 2- 0- 0	0.63	1.076	13651.58	1.01
19	30- 3- 0- 0	0.74	1.082	13650.67	0.87
20	30- 3- 1- 0	0.78	1.083	13650.61	0.14
21	30- 4- 0- 0	1.06	1.090	13649.57	0.36
22	35- 0- 0- 0	0.66	1.723	13562.20	151.39
23	40- 0- 0- 0	0.73	1.783	13553.97	151.03
24	40- 1- 0- 0	0.94	1.812	13549.99	1.95
25	40- 2- 0- 0	1.00	1.818	13549.16	1.59
26	40- 3- 0- 0	1.09	1.826	13548.05	1.23
27	40- 4- 0- 0	1.27	1.836	13546.57	0.87
28	40- 5- 0- 0	1.50	1.844	13545.46	0.51
29	40- 6- 0- 0	1.57	1.846	13545.23	0.36
30	50- 0- 0- 0	0.76	1.810	13550.21	149.08
31	60- 0- 0- 0	0.88	1.918	13535.29	148.35
32	70- 0- 0- 0	0.97	2.004	13523.48	148.21
33	80- 0- 0- 0	1.06	2.080	13512.92	148.07
34	90- 0- 0- 0	1.13	2.143	13504.24	147.92

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (D/C)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
35	90- 1- 0- 0	1.18	2.189	13497.94	12.06
36	90- 1- 1- 0	1.30	2.198	13496.71	1.08
37	90- 1- 2- 0	1.41	2.203	13495.95	0.72
38	90- 2- 0- 0	1.48	2.405	13468.12	10.47
39	90- 3- 0- 0	1.53	2.438	13463.49	9.75
40	90- 3- 1- 0	1.72	2.453	13461.54	1.08
41	90- 3- 2- 0	1.86	2.456	13461.07	0.36
42	90- 4- 0- 0	1.76	2.467	13459.55	1.81
43	90- 5- 0- 0	1.81	2.472	13458.86	1.44
44	90- 5- 1- 0	1.94	2.475	13458.43	0.36
45	90- 6- 0- 0	1.87	2.476	13458.24	1.08
46	90- 7- 0- 0	2.00	2.483	13457.39	0.72
47	90- 8- 0- 0	2.09	2.485	13457.06	0.36
48	100- 0- 0- 0	1.14	2.156	13502.53	135.86
49	110- 0- 0- 0	1.24	2.238	13491.16	135.50
50	120- 0- 0- 0	1.30	2.287	13484.36	135.14
51	130- 0- 0- 0	1.46	2.414	13466.84	134.78
52	130- 1- 0- 0	1.49	2.416	13466.61	0.72
53	130- 2- 0- 0	1.61	2.419	13466.19	0.36
54	140- 0- 0- 0	1.58	2.512	13453.39	133.69
55	140- 1- 0- 0	1.65	2.519	13452.43	1.44
56	140- 2- 0- 0	1.74	2.525	13451.50	1.08
57	140- 3- 0- 0	1.77	2.526	13451.38	0.36
58	150- 0- 0- 0	1.66	2.576	13444.57	131.53
59	150- 1- 0- 0	1.74	2.586	13443.11	1.81
60	150- 2- 0- 0	1.83	2.595	13441.87	1.44
61	150- 2- 1- 0	1.89	2.597	13441.67	0.36
62	150- 3- 0- 0	1.99	2.603	13440.78	0.72
63	150- 3- 1- 0	2.03	2.604	13440.64	0.36
64	150- 4- 0- 0	2.03	2.604	13440.66	0.36
65	160- 0- 0- 0	1.78	2.674	13430.96	129.72
66	160- 1- 0- 0	1.80	2.675	13430.83	0.72
67	160- 2- 0- 0	1.83	2.676	13430.73	0.36
68	170- 0- 0- 0	2.06	2.894	13400.67	129.00
69	170- 1- 0- 0	2.11	2.905	13399.13	3.25
70	170- 2- 0- 0	2.20	2.923	13396.66	2.89
71	170- 2- 1- 0	2.24	2.926	13396.25	1.08
72	170- 3- 0- 0	2.27	2.931	13395.46	1.81
73	170- 4- 0- 0	2.32	2.936	13394.78	1.44
74	170- 4- 1- 0	2.38	2.939	13394.36	0.72
75	170- 5- 0- 0	2.39	2.940	13394.33	0.72
76	170- 6- 0- 0	2.49	2.942	13393.97	0.36
77	180- 0- 0- 0	2.19	2.993	13386.98	125.61
78	180- 1- 0- 0	2.25	2.998	13386.22	1.44
79	180- 2- 0- 0	2.35	3.003	13385.54	0.72
80	180- 3- 0- 0	2.43	3.005	13385.25	0.36
81	190- 0- 0- 0	2.39	3.140	13366.67	124.16
82	200- 0- 0- 0	2.48	3.208	13357.30	124.16
83	200- 1- 0- 0	2.91	3.251	13351.34	1.44
84	200- 1- 1- 0	2.92	3.252	13351.27	0.72

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
85	200- 1- 2- 0	3.12	3.257	13350.58	0.36
86	200- 2- 0- 0	3.10	3.261	13350.03	0.72
87	200- 3- 0- 0	3.18	3.264	13349.52	0.72
88	200- 4- 0- 0	3.35	3.269	13348.92	0.36
89	300- 0- 0- 0	2.52	3.238	13353.21	121.81
90	300- 1- 0- 0	2.87	3.497	13317.45	41.90
91	300- 1- 1- 0	2.97	3.502	13316.77	0.72
92	300- 1- 2- 0	3.03	3.503	13316.56	0.36
93	300- 2- 0- 0	3.01	3.599	13303.39	41.18
94	300- 2- 1- 0	3.05	3.600	13303.24	0.36
95	300- 3- 0- 0	3.04	3.620	13300.41	40.82
96	300- 4- 0- 0	3.08	3.733	13284.91	40.82
97	300- 4- 1- 0	3.17	3.735	13284.60	0.36
98	300- 5- 0- 0	3.12	3.858	13267.62	40.46
99	300- 5- 1- 0	3.21	3.870	13265.87	2.17
100	300- 5- 2- 0	3.26	3.875	13265.19	1.44
101	300- 5- 3- 0	3.36	3.883	13264.16	1.08
102	300- 5- 4- 0	3.46	3.888	13263.48	0.72
103	300- 5- 5- 0	3.55	3.890	13263.15	0.36
104	300- 6- 0- 0	3.16	3.881	13264.36	38.29
105	300- 6- 1- 0	3.20	3.885	13263.89	1.08
106	300- 6- 2- 0	3.30	3.890	13263.24	0.72
107	300- 6- 3- 0	3.34	3.891	13263.09	0.36
108	300- 7- 0- 0	3.33	4.329	13202.54	37.21
109	300- 7- 1- 0	3.39	4.335	13201.79	1.44
110	300- 7- 2- 0	3.49	4.342	13200.76	1.08
111	300- 7- 3- 0	3.59	4.347	13200.07	0.72
112	300- 7- 4- 0	3.68	4.350	13199.76	0.36
113	300- 8- 0- 0	3.37	4.354	13199.09	35.40
114	300- 8- 1- 0	3.42	4.357	13198.78	0.72
115	300- 8- 2- 0	3.50	4.359	13198.49	0.36
116	300- 9- 0- 0	3.50	4.665	13156.29	34.68
117	300- 10- 0- 0	3.52	4.677	13154.61	34.32
118	300- 10- 1- 0	3.57	4.681	13154.00	1.44
119	300- 10- 2- 0	3.66	4.688	13153.02	1.08
120	300- 10- 3- 0	3.76	4.693	13152.33	0.72
121	300- 10- 4- 0	3.85	4.695	13152.02	0.36
122	300- 11- 0- 0	3.56	4.697	13151.80	32.87
123	300- 11- 1- 0	3.60	4.698	13151.65	0.36
124	300- 12- 0- 0	3.68	4.766	13142.29	32.51
125	300- 12- 1- 0	3.71	4.773	13141.27	3.61
126	300- 12- 2- 0	3.80	4.794	13138.49	3.25
127	300- 12- 3- 0	3.90	4.814	13135.61	2.89
128	300- 12- 4- 0	3.94	4.820	13134.79	2.17
129	300- 12- 5- 0	3.99	4.825	13134.10	1.44
130	300- 12- 6- 0	4.13	4.832	13133.17	0.72
131	300- 13- 0- 0	3.74	4.797	13138.06	28.90
132	300- 13- 1- 0	4.13	4.958	13115.73	23.49
133	300- 13- 2- 0	4.20	4.980	13112.70	12.65
134	300- 13- 3- 0	4.26	4.993	13111.01	11.57

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
135	300- 14- 0- 0	3.77	4.810	13136.27	5.42
136	300- 15- 0- 0	3.92	4.856	13129.80	4.69
137	300- 16- 0- 0	3.96	4.870	13127.95	4.33
138	300- 17- 0- 0	4.10	4.908	13122.67	3.97
139	300- 17- 1- 0	4.18	4.916	13121.64	1.44
140	300- 17- 2- 0	4.22	4.919	13121.23	1.08
141	300- 17- 3- 0	4.25	4.920	13121.03	0.72
142	300- 17- 4- 0	4.29	4.921	13120.89	0.36
143	300- 18- 0- 0	4.14	4.915	13121.71	2.53
144	300- 19- 0- 0	4.31	4.940	13118.21	2.17
145	300- 19- 1- 0	4.35	4.943	13117.80	1.08
146	300- 19- 2- 0	4.43	4.947	13117.25	0.72
147	300- 20- 0- 0	4.38	4.945	13117.55	1.08
148	300- 21- 0- 0	4.41	4.947	13117.34	0.72
149	300- 22- 0- 0	4.49	4.949	13117.07	0.36
150	310- 0- 0- 0	2.92	3.432	13326.41	79.91
151	310- 1- 0- 0	3.04	3.433	13326.18	0.58
152	320- 0- 0- 0	2.98	3.463	13322.08	79.33
153	320- 1- 0- 0	3.05	3.475	13320.51	7.58
154	320- 2- 0- 0	3.06	3.476	13320.25	7.01
155	320- 2- 1- 0	3.13	3.478	13320.01	1.08
156	320- 3- 0- 0	3.14	3.507	13316.04	5.92
157	320- 4- 0- 0	3.46	3.634	13298.48	5.78
158	320- 4- 1- 0	3.49	3.637	13298.12	1.08
159	320- 4- 2- 0	3.55	3.640	13297.71	0.72
160	320- 4- 3- 0	3.60	3.641	13297.56	0.36
161	320- 5- 0- 0	3.48	3.641	13297.59	4.69
162	320- 6- 0- 0	3.54	3.660	13294.92	4.33
163	320- 6- 1- 0	3.67	3.663	13294.47	0.36
164	320- 7- 0- 0	3.86	3.739	13283.95	3.61
165	320- 7- 1- 0	3.91	3.741	13283.78	0.36
166	320- 8- 0- 0	3.86	3.739	13283.95	2.89
167	320- 8- 1- 0	3.95	3.744	13283.33	0.72
168	320- 8- 2- 0	4.04	3.746	13283.04	0.36
169	320- 9- 0- 0	3.96	3.754	13282.00	2.17
170	320- 9- 1- 0	4.07	3.756	13281.60	0.36
171	320- 10- 0- 0	3.96	3.754	13282.00	1.44
172	320- 10- 1- 0	4.02	3.757	13281.59	0.72
173	320- 10- 2- 0	4.07	3.758	13281.41	0.36
174	320- 11- 0- 0	4.30	3.771	13279.66	0.72
175	320- 12- 0- 0	4.37	3.772	13279.41	0.36
176	330- 0- 0- 0	3.18	3.548	13310.35	71.75
177	340- 0- 0- 0	3.21	3.563	13308.30	69.58
178	350- 0- 0- 0	3.21	3.563	13308.30	67.42
179	350- 1- 0- 0	3.33	3.566	13307.83	1.62
180	360- 0- 0- 0	3.72	3.767	13280.16	65.79
181	360- 1- 0- 0	3.82	3.768	13280.06	0.43
182	370- 0- 0- 0	3.97	3.866	13266.46	65.36
183	380- 0- 0- 0	4.04	3.892	13262.90	65.36
184	380- 1- 0- 0	4.15	3.936	13256.86	5.78

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (C/U)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
185	380- 2- 0- 0	4.22	3.943	13255.90	1.44
186	380- 3- 0- 0	4.41	3.952	13254.60	0.72
187	380- 4- 0- 0	4.50	3.954	13254.29	0.36
188	390- 0- 0- 0	4.05	3.900	13261.84	59.58
189	400- 0- 0- 0	4.10	3.917	13259.45	57.05
190	410- 0- 0- 0	4.27	3.973	13251.71	52.72
191	410- 1- 0- 0	4.61	4.052	13240.85	38.64
192	410- 1- 1- 0	4.69	4.070	13238.32	13.00
193	410- 2- 0- 0	5.26	4.153	13226.87	25.64
194	420- 0- 0- 0	4.74	4.090	13235.57	14.08
195	420- 1- 0- 0	4.94	4.093	13235.16	0.22
196	430- 0- 0- 0	4.84	4.105	13233.50	8.45
197	440- 0- 0- 0	5.05	4.214	13218.53	7.51
198	450- 0- 0- 0	5.08	4.217	13217.99	7.37
199	450- 1- 0- 0	5.64	4.245	13214.15	0.72
200	450- 2- 0- 0	5.74	4.248	13213.81	0.36
201	460- 0- 0- 0	5.26	4.300	13206.64	6.64
202	470- 0- 0- 0	5.72	4.350	13199.67	6.28
203	470- 1- 0- 0	5.76	4.355	13199.05	1.44
204	470- 2- 0- 0	5.79	4.357	13198.74	1.08
205	470- 2- 1- 0	5.88	4.359	13198.43	0.36
206	470- 3- 0- 0	5.86	4.360	13198.26	0.72
207	480- 0- 0- 0	5.87	4.363	13197.90	4.84
208	490- 0- 0- 0	6.26	4.396	13193.30	4.84
209	490- 1- 0- 0	6.33	4.397	13193.20	0.14
210	500- 0- 0- 0	6.26	4.396	13193.30	4.69
211	510- 0- 0- 0	7.00	4.458	13184.77	4.69
212	510- 1- 0- 0	7.10	4.466	13183.74	1.08
213	510- 2- 0- 0	7.23	4.472	13182.85	0.72
214	510- 3- 0- 0	7.28	4.473	13182.68	0.36
215	520- 0- 0- 0	7.00	4.458	13184.77	3.61
216	520- 1- 0- 0	7.07	4.463	13184.05	1.08
217	520- 2- 0- 0	7.12	4.466	13183.71	0.72
218	520- 3- 0- 0	7.22	4.468	13183.36	0.36
219	530- 0- 0- 0	7.22	4.466	13183.63	2.17
220	530- 1- 0- 0	7.25	4.469	13183.22	1.44
221	530- 2- 0- 0	7.38	4.479	13181.88	1.08
222	530- 2- 1- 0	7.56	4.484	13181.27	0.36
223	530- 3- 0- 0	7.43	4.482	13181.54	0.72
224	530- 4- 0- 0	7.58	4.485	13181.03	0.36
225	540- 0- 0- 0	7.50	4.480	13181.71	0.72

RESUMEN
****

PERDIDA DE POTENCIA EN KW	=	124.20
PERDIDA DE POTENCIA EN PORCENTAJE	=	4.19

VOLTAJE MINIMO
A CARGA MINIMA =13111.012
EN ESTACION NO. 134

CALCULO DE PERFILES DE VOLTAJE EN LA ALIMENTADORA CON CAPACITORES FIJOS Y DESCONECTABLES Y 5% DEL VOLTAJE EN BARRAS ARRIBA DE LO NORMAL.

SUBESTACION (GUASMO) ALIMENTADORA (25 DE JUL.)

****

VOLTAJE DE SUBESTACION	=	13800.00
VOLTAJE DE ALIMENTADORA	=	13200.00
VOLTAJE DE CARGA MINIMA	=	14400.00
VOLTAJE DE CARGA MAXIMA	=	14400.00
FACTOR DE DEMANDA	=	1.00
NUMERO DE ESTACIONES	=	225
CAPACIDAD INSTALADA EN KVA	=	10731.00
CAPACIDAD INSTALADA EN CAPACITORES EN LA ALIMENTADORA EN KVAR	=	3000.00
CORRIENTE A MINIMA CARGA EN AMPERIOS	=	195.00
CORRIENTE A MAXIMA CARGA EN AMPERIOS	=	345.00
POTENCIA MINIMA CALCULADA EN Kw	=	4474.37
POTENCIA MAXIMA CALCULADA EN Kw	=	8518.53

RESULTADOS DE PERFILES DE VOLTAJE PARA CARGA MINIMA

****
****

FACTOR DE POTENCIA = 0.92

FACTOR DE UTILIZACION = 1.00

VOLTAJE BASE = 13800.00 VOLTIOS

RESULTADOS ANTES DE UBICAR BANCOS DE CAPACITORES FIJOS

****

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (0/0)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
1	0- 0- 0- 0	0.00	0.000	14400.00	195.00
2	10- 0- 0- 0	0.17	0.656	14305.59	195.00
3	20- 0- 0- 0	0.24	0.714	14297.16	194.82
4	20- 1- 0- 0	0.29	0.723	14295.85	2.73
5	20- 1- 1- 0	0.39	0.726	14295.48	0.45
6	20- 2- 0- 0	0.40	0.734	14294.25	1.82
7	20- 2- 1- 0	0.51	0.737	14293.85	0.45
8	20- 3- 0- 0	0.40	0.734	14294.25	1.36
9	20- 3- 1- 0	0.50	0.737	14293.89	0.45
10	20- 4- 0- 0	0.50	0.739	14293.52	0.91
11	20- 4- 1- 0	0.61	0.741	14293.29	0.27
12	20- 5- 0- 0	0.50	0.739	14293.52	0.64
13	20- 5- 1- 0	0.62	0.741	14293.36	0.18
14	20- 6- 0- 0	0.63	0.743	14293.07	0.45
15	30- 0- 0- 0	0.51	0.945	14263.88	192.09
16	30- 1- 0- 0	0.59	0.953	14262.84	1.64
17	30- 1- 1- 0	0.64	0.953	14262.77	0.18
18	30- 2- 0- 0	0.63	0.955	14262.48	1.27
19	30- 3- 0- 0	0.74	0.962	14261.52	1.09
20	30- 3- 1- 0	0.78	0.962	14261.46	0.18
21	30- 4- 0- 0	1.06	0.970	14260.36	0.45
22	35- 0- 0- 0	0.66	1.527	14180.06	190.46
23	40- 0- 0- 0	0.73	1.580	14172.42	190.00
24	40- 1- 0- 0	0.94	1.610	14168.20	2.45
25	40- 2- 0- 0	1.00	1.616	14167.32	2.00
26	40- 3- 0- 0	1.09	1.624	14166.14	1.54
27	40- 4- 0- 0	1.27	1.635	14164.57	1.09
28	40- 5- 0- 0	1.50	1.643	14163.40	0.64
29	40- 6- 0- 0	1.57	1.645	14163.15	0.45
30	50- 0- 0- 0	0.76	1.605	14168.94	187.55
31	60- 0- 0- 0	0.88	1.701	14155.09	186.64
32	70- 0- 0- 0	0.97	1.777	14144.12	186.46
33	80- 0- 0- 0	1.06	1.845	14134.33	186.28
34	90- 0- 0- 0	1.13	1.901	14126.27	186.09

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
35	90- 1- 0- 0	1.18	1.947	14119.59	15.17
36	90- 1- 1- 0	1.30	1.956	14118.29	1.36
37	90- 1- 2- 0	1.41	1.962	14117.48	0.91
38	90- 2- 0- 0	1.48	2.167	14087.96	13.17
39	90- 3- 0- 0	1.53	2.201	14083.05	12.27
40	90- 3- 1- 0	1.72	2.215	14080.98	1.36
41	90- 3- 2- 0	1.86	2.219	14080.49	0.45
42	90- 4- 0- 0	1.76	2.230	14078.87	2.27
43	90- 5- 0- 0	1.81	2.235	14078.14	1.82
44	90- 5- 1- 0	1.94	2.238	14077.69	0.45
45	90- 6- 0- 0	1.87	2.240	14077.49	1.36
46	90- 7- 0- 0	2.00	2.246	14076.58	0.91
47	90- 8- 0- 0	2.09	2.248	14076.23	0.45
48	100- 0- 0- 0	1.14	1.912	14124.69	170.92
49	110- 0- 0- 0	1.24	1.985	14114.14	170.47
50	120- 0- 0- 0	1.30	2.029	14107.83	170.01
51	130- 0- 0- 0	1.46	2.142	14091.57	169.56
52	130- 1- 0- 0	1.49	2.144	14091.32	0.91
53	130- 2- 0- 0	1.61	2.147	14090.88	0.45
54	140- 0- 0- 0	1.58	2.229	14079.09	168.20
55	140- 1- 0- 0	1.65	2.236	14078.07	1.82
56	140- 2- 0- 0	1.74	2.242	14077.09	1.36
57	140- 3- 0- 0	1.77	2.243	14076.96	0.45
58	150- 0- 0- 0	1.66	2.285	14070.90	165.47
59	150- 1- 0- 0	1.74	2.296	14069.35	2.27
60	150- 2- 0- 0	1.83	2.305	14068.04	1.82
61	150- 2- 1- 0	1.89	2.307	14067.82	0.45
62	150- 3- 0- 0	1.99	2.313	14066.88	0.91
63	150- 3- 1- 0	2.03	2.314	14066.73	0.45
64	150- 4- 0- 0	2.03	2.314	14066.75	0.45
65	160- 0- 0- 0	1.78	2.373	14058.28	163.20
66	160- 1- 0- 0	1.80	2.374	14058.13	0.91
67	160- 2- 0- 0	1.83	2.375	14058.02	0.45
68	170- 0- 0- 0	2.06	2.568	14030.16	162.29
69	170- 1- 0- 0	2.11	2.580	14028.53	4.09
70	170- 2- 0- 0	2.20	2.598	14025.91	3.63
71	170- 2- 1- 0	2.24	2.601	14025.48	1.36
72	170- 3- 0- 0	2.27	2.607	14024.64	2.27
73	170- 4- 0- 0	2.32	2.612	14023.91	1.82
74	170- 4- 1- 0	2.38	2.615	14023.48	0.91
75	170- 5- 0- 0	2.39	2.615	14023.44	0.91
76	170- 6- 0- 0	2.49	2.618	14023.06	0.45
77	180- 0- 0- 0	2.19	2.657	14017.46	158.02
78	180- 1- 0- 0	2.25	2.662	14016.66	1.82
79	180- 2- 0- 0	2.35	2.667	14015.93	0.91
80	180- 3- 0- 0	2.43	2.669	14015.62	0.45
81	190- 0- 0- 0	2.39	2.787	13998.61	156.20
82	200- 0- 0- 0	2.48	2.848	13989.92	156.20
83	200- 1- 0- 0	2.91	2.892	13983.59	1.82
84	200- 1- 1- 0	2.92	2.892	13983.52	0.91

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (C/C)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
85	200- 1- 2- C	3.12	2.897	13982.79	0.45
86	200- 2- 0- C	3.10	2.901	13982.21	0.91
87	200- 3- 0- C	3.18	2.905	13981.66	0.91
88	200- 4- 0- C	3.35	2.910	13981.03	0.45
89	300- 0- 0- C	2.52	2.874	13986.12	153.25
90	300- 1- 0- C	2.87	3.149	13946.54	52.72
91	300- 1- 1- C	2.97	3.154	13945.82	0.91
92	300- 1- 2- C	3.03	3.156	13945.60	0.45
93	300- 2- 0- C	3.01	3.257	13930.98	51.81
94	300- 2- 1- C	3.05	3.258	13930.82	0.45
95	300- 3- 0- C	3.04	3.280	13927.68	51.35
96	300- 4- 0- C	3.08	3.394	13911.24	51.35
97	300- 4- 1- C	3.17	3.396	13910.91	0.45
98	300- 5- 0- C	3.12	3.521	13892.91	50.90
99	300- 5- 1- C	3.21	3.534	13891.05	2.73
100	300- 5- 2- C	3.26	3.539	13890.33	1.82
101	300- 5- 3- C	3.36	3.547	13889.24	1.36
102	300- 5- 4- C	3.46	3.552	13888.51	0.91
103	300- 5- 5- C	3.55	3.554	13888.16	0.45
104	300- 6- 0- C	3.16	3.547	13889.29	48.17
105	300- 6- 1- C	3.20	3.550	13888.80	1.36
106	300- 6- 2- C	3.30	3.555	13888.11	0.91
107	300- 6- 3- C	3.34	3.556	13887.95	0.45
108	300- 7- 0- C	3.33	4.002	13823.73	46.81
109	300- 7- 1- C	3.39	4.007	13822.93	1.82
110	300- 7- 2- C	3.49	4.015	13821.84	1.36
111	300- 7- 3- C	3.59	4.020	13821.11	0.91
112	300- 7- 4- C	3.68	4.022	13820.79	0.45
113	300- 8- 0- C	3.37	4.028	13819.91	44.54
114	300- 8- 1- C	3.42	4.031	13819.58	0.91
115	300- 8- 2- C	3.50	4.033	13819.27	0.45
116	300- 9- 0- C	3.50	4.344	13774.52	43.63
117	300- 10- 0- C	3.52	4.357	13772.66	43.18
118	300- 10- 1- C	3.57	4.361	13772.01	1.82
119	300- 10- 2- C	3.66	4.368	13770.97	1.36
120	300- 10- 3- C	3.76	4.373	13770.25	0.91
121	300- 10- 4- C	3.85	4.376	13769.92	0.45
122	300- 11- 0- C	3.56	4.378	13769.56	41.36
123	300- 11- 1- C	3.60	4.379	13769.39	0.45
124	300- 12- 0- C	3.68	4.451	13759.03	40.90
125	300- 12- 1- C	3.71	4.459	13757.94	4.54
126	300- 12- 2- C	3.80	4.479	13754.99	4.09
127	300- 12- 3- C	3.90	4.500	13751.94	3.63
128	300- 12- 4- C	3.94	4.506	13751.07	2.73
129	300- 12- 5- C	3.99	4.512	13750.34	1.82
130	300- 12- 6- C	4.13	4.518	13749.36	0.91
131	300- 13- 0- C	3.74	4.484	13754.35	36.36
132	300- 13- 1- C	4.13	4.655	13729.63	29.55
133	300- 13- 2- C	4.20	4.682	13725.85	15.92
134	300- 13- 3- C	4.26	4.695	13723.97	14.56

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
135	300- 14- 0- 0	3.77	4.497	13752.44	6.81
136	300- 15- 0- 0	3.92	4.545	13745.59	5.91
137	300- 16- 0- 0	3.96	4.558	13743.62	5.45
138	300- 17- 0- 0	4.10	4.597	13738.02	5.00
139	300- 17- 1- 0	4.18	4.605	13736.93	1.82
140	300- 17- 2- 0	4.22	4.608	13736.50	1.36
141	300- 17- 3- 0	4.25	4.609	13736.28	0.91
142	300- 17- 4- 0	4.29	4.610	13736.13	0.45
143	300- 18- 0- 0	4.14	4.604	13737.00	3.18
144	300- 19- 0- 0	4.31	4.630	13733.30	2.73
145	300- 19- 1- 0	4.35	4.633	13732.86	1.36
146	300- 19- 2- 0	4.43	4.637	13732.28	0.91
147	300- 20- 0- 0	4.38	4.635	13732.59	1.36
148	300- 21- 0- 0	4.41	4.636	13732.37	0.91
149	300- 22- 0- 0	4.49	4.638	13732.08	0.45
150	310- 0- 0- 0	2.92	3.047	13961.25	100.53
151	310- 1- 0- 0	3.04	3.049	13960.97	0.73
152	320- 0- 0- 0	2.98	3.075	13957.23	99.81
153	320- 1- 0- 0	3.05	3.088	13955.27	9.54
154	320- 2- 0- 0	3.06	3.090	13954.99	8.81
155	320- 2- 1- 0	3.13	3.092	13954.68	1.36
156	320- 3- 0- 0	3.14	3.121	13950.52	7.45
157	320- 4- 0- 0	3.46	3.251	13931.90	7.27
158	320- 4- 1- 0	3.49	3.253	13931.52	1.36
159	320- 4- 2- 0	3.55	3.256	13931.08	0.91
160	320- 4- 3- 0	3.60	3.258	13930.92	0.45
161	320- 5- 0- 0	3.48	3.257	13930.95	5.91
162	320- 6- 0- 0	3.54	3.277	13928.12	5.45
163	320- 6- 1- 0	3.67	3.280	13927.64	0.45
164	320- 7- 0- 0	3.86	3.358	13916.48	4.54
165	320- 7- 1- 0	3.91	3.359	13916.30	0.45
166	320- 8- 0- 0	3.86	3.358	13916.48	3.63
167	320- 8- 1- 0	3.95	3.362	13915.83	0.91
168	320- 8- 2- 0	4.04	3.364	13915.52	0.45
169	320- 9- 0- 0	3.96	3.372	13914.41	2.73
170	320- 9- 1- 0	4.07	3.375	13913.99	0.45
171	320- 10- 0- 0	3.96	3.372	13914.41	1.82
172	320- 10- 1- 0	4.02	3.375	13913.97	0.91
173	320- 10- 2- 0	4.07	3.376	13913.79	0.45
174	320- 11- 0- 0	4.30	3.389	13911.94	0.91
175	320- 12- 0- 0	4.37	3.391	13911.66	0.45
176	330- 0- 0- 0	3.18	3.150	13946.34	90.27
177	340- 0- 0- 0	3.21	3.164	13944.45	87.54
178	350- 0- 0- 0	3.21	3.164	13944.45	84.82
179	350- 1- 0- 0	3.33	3.167	13943.92	2.04
180	360- 0- 0- 0	3.72	3.345	13918.34	82.77
181	360- 1- 0- 0	3.82	3.346	13918.22	0.55
182	370- 0- 0- 0	3.97	3.433	13905.62	82.23
183	380- 0- 0- 0	4.04	3.456	13902.31	82.23
184	380- 1- 0- 0	4.15	3.501	13895.91	7.27

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
185	380- 2- 0- 0	4.22	3.508	13894.89	1.82
186	380- 3- 0- 0	4.41	3.517	13893.51	0.91
187	380- 4- 0- 0	4.50	3.520	13893.18	0.45
188	390- 0- 0- 0	4.05	3.465	13901.10	74.96
189	400- 0- 0- 0	4.10	3.480	13898.88	71.78
190	410- 0- 0- 0	4.27	3.530	13891.70	66.33
191	410- 1- 0- 0	4.61	3.600	13881.62	48.61
192	410- 1- 1- 0	4.69	3.619	13878.82	16.35
193	410- 2- 0- 0	5.26	3.690	13868.66	32.25
194	420- 0- 0- 0	4.74	3.654	13873.84	17.72
195	420- 1- 0- 0	4.94	3.657	13873.40	0.27
196	430- 0- 0- 0	4.84	3.670	13871.55	10.63
197	440- 0- 0- 0	5.05	3.780	13855.68	9.45
198	450- 0- 0- 0	5.08	3.784	13855.08	9.27
199	450- 1- 0- 0	5.64	3.812	13851.01	0.91
200	450- 2- 0- 0	5.74	3.815	13850.64	0.45
201	460- 0- 0- 0	5.26	3.868	13843.04	8.36
202	470- 0- 0- 0	5.72	3.921	13835.32	7.90
203	470- 1- 0- 0	5.76	3.926	13834.67	1.82
204	470- 2- 0- 0	5.79	3.928	13834.34	1.36
205	470- 2- 1- 0	5.88	3.930	13834.01	0.45
206	470- 3- 0- 0	5.86	3.932	13833.83	0.91
207	480- 0- 0- 0	5.87	3.935	13833.36	6.09
208	490- 0- 0- 0	6.26	3.970	13828.27	6.09
209	490- 1- 0- 0	6.33	3.971	13828.17	0.18
210	500- 0- 0- 0	6.26	3.970	13828.27	5.91
211	510- 0- 0- 0	7.00	4.036	13818.83	5.91
212	510- 1- 0- 0	7.10	4.043	13817.74	1.36
213	510- 2- 0- 0	7.23	4.050	13816.79	0.91
214	510- 3- 0- 0	7.28	4.051	13816.61	0.45
215	520- 0- 0- 0	7.00	4.036	13818.83	4.54
216	520- 1- 0- 0	7.07	4.041	13818.07	1.36
217	520- 2- 0- 0	7.12	4.044	13817.70	0.91
218	520- 3- 0- 0	7.22	4.046	13817.34	0.45
219	530- 0- 0- 0	7.22	4.045	13817.57	2.73
220	530- 1- 0- 0	7.25	4.048	13817.14	1.82
221	530- 2- 0- 0	7.38	4.057	13815.72	1.36
222	530- 2- 1- 0	7.56	4.062	13815.07	0.45
223	530- 3- 0- 0	7.43	4.060	13815.36	0.91
224	530- 4- 0- 0	7.58	4.064	13814.81	0.45
225	540- 0- 0- 0	7.50	4.059	13815.54	0.91

RESUMEN
****

PERDIDA DE POTENCIA EN Kw	=	208.67
PERDIDA DE POTENCIA EN PORCENTAJE	=	4.66

VOLTAJE MINIMO A CARGA MINIMA	=13723.973
EN ESTACION NO.	134

RESULTADOS DE PERFILES DE VOLTAJE PARA CARGA MAXIMA

****

****

FACTOR DE POTENCIA = 0.99

FACTOR DE UTILIZACION = 1.00

VOLTAJE BASE = 13800.00 VOLTIOS

RESULTADOS SIN CAPACITORES FIJOS-ANTES DE UBICAR CAPACITORES DESCONE

****

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (0/0)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
1	0- 0- 0- 0	0.00	0.000	14400.00	344.19
2	10- 0- 0- 0	0.17	0.791	14286.04	344.19
3	20- 0- 0- 0	0.24	0.863	14275.79	343.86
4	20- 1- 0- 0	0.29	0.876	14273.85	4.82
5	20- 1- 1- 0	0.39	0.880	14273.31	0.80
6	20- 2- 0- 0	0.40	0.892	14271.48	3.21
7	20- 2- 1- 0	0.51	0.897	14270.89	0.80
8	20- 3- 0- 0	0.40	0.892	14271.48	2.41
9	20- 3- 1- 0	0.50	0.896	14270.94	0.80
10	20- 4- 0- 0	0.50	0.900	14270.40	1.61
11	20- 4- 1- 0	0.61	0.902	14270.06	0.48
12	20- 5- 0- 0	0.50	0.900	14270.40	1.13
13	20- 5- 1- 0	0.62	0.902	14270.16	0.32
14	20- 6- 0- 0	0.63	0.905	14269.73	0.80
15	30- 0- 0- 0	0.51	1.143	14235.34	339.04
16	30- 1- 0- 0	0.59	1.154	14233.79	2.89
17	30- 1- 1- 0	0.64	1.155	14233.69	0.32
18	30- 2- 0- 0	0.63	1.158	14233.26	2.25
19	30- 3- 0- 0	0.74	1.168	14231.84	1.93
20	30- 3- 1- 0	0.78	1.168	14231.74	0.32
21	30- 4- 0- 0	1.06	1.180	14230.11	0.80
22	35- 0- 0- 0	0.66	1.846	14134.16	336.15
23	40- 0- 0- 0	0.73	1.911	14124.87	335.35
24	40- 1- 0- 0	0.94	1.954	14118.62	4.34
25	40- 2- 0- 0	1.00	1.963	14117.32	3.54
26	40- 3- 0- 0	1.09	1.975	14115.58	2.73
27	40- 4- 0- 0	1.27	1.991	14113.25	1.93
28	40- 5- 0- 0	1.50	2.003	14111.52	1.13
29	40- 6- 0- 0	1.57	2.006	14111.14	0.80
30	50- 0- 0- 0	0.76	1.940	14120.64	331.01
31	60- 0- 0- 0	0.88	2.057	14103.80	329.40
32	70- 0- 0- 0	0.97	2.149	14090.48	329.08
33	80- 0- 0- 0	1.06	2.232	14078.57	328.76
34	90- 0- 0- 0	1.13	2.300	14068.78	328.43

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (0/0)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
35	90- 1- 0- 0	1.18	2.369	14058.88	26.85
36	90- 1- 1- 0	1.30	2.382	14056.95	2.41
37	90- 1- 2- 0	1.41	2.391	14055.76	1.61
38	90- 2- 0- 0	1.48	2.694	14012.04	23.31
39	90- 3- 0- 0	1.53	2.745	14004.77	21.70
40	90- 3- 1- 0	1.72	2.766	14001.70	2.41
41	90- 3- 2- 0	1.86	2.771	14000.97	0.80
42	90- 4- 0- 0	1.76	2.788	13998.57	4.02
43	90- 5- 0- 0	1.81	2.795	13997.50	3.21
44	90- 5- 1- 0	1.94	2.800	13996.82	0.80
45	90- 6- 0- 0	1.87	2.802	13996.53	2.41
46	90- 7- 0- 0	2.00	2.811	13995.18	1.61
47	90- 8- 0- 0	2.09	2.815	13994.67	0.80
48	100- 0- 0- 0	1.14	2.314	14066.85	301.59
49	110- 0- 0- 0	1.24	2.403	14054.03	300.79
50	120- 0- 0- 0	1.30	2.456	14046.36	299.98
51	130- 0- 0- 0	1.46	2.593	14026.61	299.18
52	130- 1- 0- 0	1.49	2.596	14026.23	1.61
53	130- 2- 0- 0	1.61	2.600	14025.58	0.80
54	140- 0- 0- 0	1.58	2.698	14011.43	296.77
55	140- 1- 0- 0	1.65	2.709	14009.92	3.21
56	140- 2- 0- 0	1.74	2.719	14008.47	2.41
57	140- 3- 0- 0	1.77	2.720	14008.28	0.80
58	150- 0- 0- 0	1.66	2.767	14001.48	291.95
59	150- 1- 0- 0	1.74	2.783	13999.19	4.02
60	150- 2- 0- 0	1.83	2.797	13997.25	3.21
61	150- 2- 1- 0	1.89	2.799	13996.93	0.80
62	150- 3- 0- 0	1.99	2.809	13995.53	1.61
63	150- 3- 1- 0	2.03	2.810	13995.31	0.80
64	150- 4- 0- 0	2.03	2.810	13995.34	0.80
65	160- 0- 0- 0	1.78	2.874	13986.14	287.93
66	160- 1- 0- 0	1.80	2.875	13985.93	1.61
67	160- 2- 0- 0	1.83	2.877	13985.77	0.80
68	170- 0- 0- 0	2.06	3.111	13951.98	286.32
69	170- 1- 0- 0	2.11	3.128	13949.56	7.23
70	170- 2- 0- 0	2.20	3.155	13945.68	6.43
71	170- 2- 1- 0	2.24	3.159	13945.04	2.41
72	170- 3- 0- 0	2.27	3.168	13943.80	4.02
73	170- 4- 0- 0	2.32	3.176	13942.72	3.21
74	170- 4- 1- 0	2.38	3.180	13942.07	1.61
75	170- 5- 0- 0	2.39	3.180	13942.02	1.61
76	170- 6- 0- 0	2.49	3.184	13941.46	0.80
77	180- 0- 0- 0	2.19	3.218	13936.54	278.77
78	180- 1- 0- 0	2.25	3.227	13935.36	3.21
79	180- 2- 0- 0	2.35	3.234	13934.28	1.61
80	180- 3- 0- 0	2.43	3.237	13933.82	0.80
81	190- 0- 0- 0	2.39	3.377	13913.65	275.55
82	200- 0- 0- 0	2.48	3.451	13903.08	275.55
83	200- 1- 0- 0	2.91	3.516	13893.71	3.21
84	200- 1- 1- 0	2.92	3.517	13893.60	1.61

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
85	200- 1- 2- 0	3.12	3.524	13892.53	0.80
86	200- 2- 0- 0	3.10	3.530	13891.66	1.61
87	200- 3- 0- 0	3.18	3.536	13890.86	1.61
88	200- 4- 0- 0	3.35	3.542	13889.91	0.80
89	300- 0- 0- 0	2.52	3.483	13898.47	270.33
90	300- 1- 0- 0	2.87	3.911	13836.82	93.27
91	300- 1- 1- 0	2.97	3.918	13835.75	1.61
92	300- 1- 2- 0	3.03	3.921	13835.43	0.80
93	300- 2- 0- 0	3.01	4.079	13812.59	91.66
94	300- 2- 1- 0	3.05	4.081	13812.35	0.80
95	300- 3- 0- 0	3.04	4.115	13807.44	90.86
96	300- 4- 0- 0	3.08	4.284	13783.09	90.86
97	300- 4- 1- 0	3.17	4.287	13782.61	0.80
98	300- 5- 0- 0	3.12	4.473	13755.95	90.05
99	300- 5- 1- 0	3.21	4.492	13753.20	4.82
100	300- 5- 2- 0	3.26	4.499	13752.12	3.21
101	300- 5- 3- 0	3.36	4.510	13750.51	2.41
102	300- 5- 4- 0	3.46	4.518	13749.43	1.61
103	300- 5- 5- 0	3.55	4.521	13748.92	0.80
104	300- 6- 0- 0	3.16	4.512	13750.31	85.23
105	300- 6- 1- 0	3.20	4.517	13749.59	2.41
106	300- 6- 2- 0	3.30	4.524	13748.56	1.61
107	300- 6- 3- 0	3.34	4.526	13748.32	0.80
108	300- 7- 0- 0	3.33	5.186	13653.21	82.82
109	300- 7- 1- 0	3.39	5.194	13652.03	3.21
110	300- 7- 2- 0	3.49	5.205	13650.41	2.41
111	300- 7- 3- 0	3.59	5.213	13649.34	1.61
112	300- 7- 4- 0	3.68	5.216	13648.85	0.80
113	300- 8- 0- 0	3.37	5.227	13647.26	78.80
114	300- 8- 1- 0	3.42	5.231	13646.78	1.61
115	300- 8- 2- 0	3.50	5.234	13646.32	0.80
116	300- 9- 0- 0	3.50	5.694	13580.03	77.19
117	300- 10- 0- 0	3.52	5.714	13577.14	76.39
118	300- 10- 1- 0	3.57	5.721	13576.18	3.21
119	300- 10- 2- 0	3.66	5.732	13574.64	2.41
120	300- 10- 3- 0	3.76	5.739	13573.56	1.61
121	300- 10- 4- 0	3.85	5.742	13573.08	0.80
122	300- 11- 0- 0	3.56	5.748	13572.31	73.17
123	300- 11- 1- 0	3.60	5.750	13572.07	0.80
124	300- 12- 0- 0	3.68	5.862	13555.91	72.37
125	300- 12- 1- 0	3.71	5.873	13554.29	8.04
126	300- 12- 2- 0	3.80	5.903	13549.93	7.23
127	300- 12- 3- 0	3.90	5.935	13545.41	6.43
128	300- 12- 4- 0	3.94	5.944	13544.11	4.82
129	300- 12- 5- 0	3.99	5.951	13543.04	3.21
130	300- 12- 6- 0	4.13	5.961	13541.58	1.61
131	300- 13- 0- 0	3.74	5.912	13548.62	64.33
132	300- 13- 1- 0	4.13	6.180	13510.11	52.28
133	300- 13- 2- 0	4.20	6.226	13503.46	28.16
134	300- 13- 3- 0	4.26	6.246	13500.55	25.75

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
135	300- 14- 0- 0	3.77	5.932	13545.79	12.06
136	300- 15- 0- 0	3.92	6.002	13535.64	10.45
137	300- 16- 0- 0	3.96	6.023	13532.73	9.64
138	300- 17- 0- 0	4.10	6.080	13524.44	8.84
139	300- 17- 1- 0	4.18	6.091	13522.82	3.21
140	300- 17- 2- 0	4.22	6.096	13522.18	2.41
141	300- 17- 3- 0	4.25	6.098	13521.86	1.61
142	300- 17- 4- 0	4.29	6.100	13521.64	0.80
143	300- 18- 0- 0	4.14	6.091	13522.93	5.63
144	300- 19- 0- 0	4.31	6.129	13517.44	4.82
145	300- 19- 1- 0	4.35	6.133	13516.79	2.41
146	300- 19- 2- 0	4.43	6.139	13515.93	1.61
147	300- 20- 0- 0	4.38	6.136	13516.39	2.41
148	300- 21- 0- 0	4.41	6.138	13516.07	1.61
149	300- 22- 0- 0	4.49	6.141	13515.64	0.80
150	310- 0- 0- 0	2.92	3.692	13868.30	177.06
151	310- 1- 0- 0	3.04	3.696	13867.81	1.29
152	320- 0- 0- 0	2.98	3.726	13863.43	175.78
153	320- 1- 0- 0	3.05	3.750	13859.97	16.88
154	320- 2- 0- 0	3.06	3.753	13859.53	15.59
155	320- 2- 1- 0	3.13	3.757	13859.00	2.41
156	320- 3- 0- 0	3.14	3.799	13852.91	13.18
157	320- 4- 0- 0	3.46	3.991	13825.34	12.86
158	320- 4- 1- 0	3.49	3.995	13824.77	2.41
159	320- 4- 2- 0	3.55	3.999	13824.12	1.61
160	320- 4- 3- 0	3.60	4.001	13823.88	0.80
161	320- 5- 0- 0	3.48	4.000	13823.94	10.45
162	320- 6- 0- 0	3.54	4.030	13819.74	9.64
163	320- 6- 1- 0	3.67	4.034	13819.04	0.80
164	320- 7- 0- 0	3.86	4.149	13802.51	8.04
165	320- 7- 1- 0	3.91	4.151	13802.24	0.80
166	320- 8- 0- 0	3.86	4.149	13802.51	6.43
167	320- 8- 1- 0	3.95	4.156	13801.54	1.61
168	320- 8- 2- 0	4.04	4.159	13801.08	0.80
169	320- 9- 0- 0	3.96	4.171	13799.44	4.82
170	320- 9- 1- 0	4.07	4.175	13798.82	0.80
171	320- 10- 0- 0	3.96	4.171	13799.44	3.21
172	320- 10- 1- 0	4.02	4.175	13798.79	1.61
173	320- 10- 2- 0	4.07	4.177	13798.52	0.80
174	320- 11- 0- 0	4.30	4.196	13795.78	1.61
175	320- 12- 0- 0	4.37	4.199	13795.37	0.80
176	330- 0- 0- 0	3.18	3.818	13850.22	158.90
177	340- 0- 0- 0	3.21	3.834	13847.93	154.08
178	350- 0- 0- 0	3.21	3.834	13847.93	149.26
179	350- 1- 0- 0	3.33	3.840	13847.11	3.62
180	360- 0- 0- 0	3.72	4.054	13816.28	145.64
181	360- 1- 0- 0	3.82	4.055	13816.10	0.96
182	370- 0- 0- 0	3.97	4.161	13800.87	144.67
183	380- 0- 0- 0	4.04	4.188	13796.86	144.67
184	380- 1- 0- 0	4.15	4.254	13787.38	12.86

	NUMERO DE LA ESTACION	DIST. A LA SUBESTACION (KM)	CAIDA A LA SUBESTACION (O/O)	VOLTAJE EN LA ESTACION (VOLTS)	AMPERAJE
185	380- 2- 0- 0	4.22	4.265	13785.87	3.21
186	380- 3- 0- 0	4.41	4.279	13783.83	1.61
187	380- 4- 0- 0	4.50	4.282	13783.34	0.80
188	390- 0- 0- 0	4.05	4.202	13794.92	131.81
189	400- 0- 0- 0	4.10	4.221	13792.23	126.19
190	410- 0- 0- 0	4.27	4.281	13783.54	116.54
191	410- 1- 0- 0	4.61	4.366	13771.27	86.00
192	410- 1- 1- 0	4.69	4.397	13766.89	28.93
193	410- 2- 0- 0	5.26	4.476	13755.46	57.07
194	420- 0- 0- 0	4.74	4.469	13756.43	30.54
195	420- 1- 0- 0	4.94	4.474	13755.79	0.48
196	430- 0- 0- 0	4.84	4.493	13753.03	18.00
197	440- 0- 0- 0	5.05	4.648	13730.64	15.91
198	450- 0- 0- 0	5.08	4.654	13729.76	15.59
199	450- 1- 0- 0	5.64	4.696	13723.73	1.61
200	450- 2- 0- 0	5.74	4.700	13723.19	0.80
201	460- 0- 0- 0	5.26	4.772	13712.89	13.99
202	470- 0- 0- 0	5.72	4.850	13701.56	13.18
203	470- 1- 0- 0	5.76	4.857	13700.59	3.21
204	470- 2- 0- 0	5.79	4.860	13700.11	2.41
205	470- 2- 1- 0	5.88	4.864	13699.62	0.80
206	470- 3- 0- 0	5.86	4.866	13699.36	1.61
207	480- 0- 0- 0	5.87	4.870	13698.74	9.97
208	490- 0- 0- 0	6.26	4.921	13691.40	9.97
209	490- 1- 0- 0	6.33	4.922	13691.25	0.32
210	500- 0- 0- 0	6.26	4.921	13691.40	9.64
211	510- 0- 0- 0	7.00	5.015	13677.83	9.64
212	510- 1- 0- 0	7.10	5.023	13676.75	1.61
213	510- 2- 0- 0	7.23	5.032	13675.35	1.61
214	510- 3- 0- 0	7.28	5.034	13675.08	0.80
215	520- 0- 0- 0	7.00	5.015	13677.83	8.04
216	520- 1- 0- 0	7.07	5.023	13676.70	2.41
217	520- 2- 0- 0	7.12	5.027	13676.16	1.61
218	520- 3- 0- 0	7.22	5.030	13675.62	0.80
219	530- 0- 0- 0	7.22	5.029	13675.87	4.82
220	530- 1- 0- 0	7.25	5.033	13675.23	3.21
221	530- 2- 0- 0	7.38	5.048	13673.12	2.41
222	530- 2- 1- 0	7.56	5.054	13672.16	0.80
223	530- 3- 0- 0	7.43	5.051	13672.59	1.61
224	530- 4- 0- 0	7.58	5.057	13671.78	0.80
225	540- 0- 0- 0	7.50	5.050	13672.86	1.61

RESUMEN
****

PERDIDA DE POTENCIA EN Kw	=	686.90
PERDIDA DE POTENCIA EN PORCENTAJE	=	8.06

VOLTAJE MINIMO
A CARGA MINIMA =13723.973
EN ESTACION NO. 134

EL PORCENTAJE DE REGULACION ES 1.62800

VOLTAJE MINIMO
A CARGA MAXIMA =13500.547
EN ESTACION NO. 134

B I B L I O G R A F I A

TITULO	AUTOR
1. Power Capacitors	R. E. MARBURY
2. Transmission & Distribution	WESTINGHOUSE
3. Distribution Systems	WESTINGHOUSE
4. Power Capacitors	GENERAL ELECTRIC
5. Ventajas económicas y aplicación de condensadores a sistemas eléctricos.	Mc GRAW-EDISON
6. ABC of capacitors	Mc GRAW-EDISON
7. Shunt Capacitors: Where to put them.	POWER Sept. 1950
7. Capacitores de Potencia	BALMEC S.A.México
8. Power Capacitors Application Measurement and Control	SANGAMO
9. Curso Planificación de Sistemas de Distribución.	E.S.P.O.L
10. Capacitors help tu start large motors.	ELECTRICAL WORLD Nov. 1974
11. Automatically Switched Capacitors.	FOWLER, THOMAS
12. Power System Voltage Control without Feeder Voltage Regulators	SMELOFF AIEE
13. Shunt Capacitors	WESTINGHOUSE

A.F. 142047

B I B L I O G R A F I A

	TITULO	AUTOR
1.	Power Capacitors	R. E. MARBURY
2.	Transmission & Distribution	WESTINGHOUSE
3.	Distribution Systems	WESTINGHOUSE
4.	Power Capacitors	GENERAL ELECTRIC
5.	Ventajas económicas y aplicación de condensadores a sistemas eléctricos.	Mc GRAW-EDISON
6.	ABC of capacitors	Mc GRAW-EDISON
7.	Shunt Capacitors: Where to put them.	POWER Sept. 1950
7.	Capacitores de Potencia	BALMEC S.A.México
8.	Power Capacitors Application Measurement and Control	SANGAMO
9.	Curso Planificación de Sistemas de Distribución.	E.S.P.O.L
10.	Capacitors help tu start large motors.	ELECTRICAL WORLD Nov. 1974
11.	Automatically Switched Capacitors.	FOWLER, THOMAS
12.	Power System Voltage Control without Feeder Voltage Regulators	SMELOFF AIEE
13.	Shunt Capacitors	WESTINGHOUSE